Phys. g. 356 (2

Der
physikalische Jugendfreund
oder
faßliche und unterhaltende Darstellung der Naturlehre, mit der genauesten Beschreibung aller anzustellenden Experimente, der dazu nöthigen Instrumente, und selbst mit Beyfügung vieler belustigenden physikalischen Kunststücke,

von
D. J. H. M. Poppe,
Rath und Professor zu Frankfurt am Mayn.

*

Zweyter Theil.

Mit sechs Kupfertafeln.

Frankfurt am Mayn,
bey Friedrich Wilmans, 1813.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Vorrede.

Bey der Herausgabe dieses zweyten Theils vom physikalischen Jugendfreunde habe ich mich nur darüber zu erklären, warum derselbe die Lehre von der Wärme nicht ganz enthält. Es schien mir nämlich der Käufer wegen vortheilhaft für das Werk zu seyn (und stimmte auch mit dem Wunsche meines Herrn Verlegers überein) die Theile so viel wie möglich gleich stark an Bogenzahl und an der Anzahl der Kupfertafeln zu machen. Hätte ich nun die Lehre von der Wär-

me in diesem Theile ganz abgehandelt, so würde derselbe zwey Kupfertafeln mehr als der erste, und zwey weniger als der dritte enthalten haben. Hätte ich aber die ganze Lehre von der Wärme für den dritten Theil aufsparen wollen, so wäre die Bogenzahl des zweyten Theils gegen die übrigen zu gering, und des dritten zu stark geworden.

Meine Leser verlieren ja auch nichts bey dieser Einrichtung, zumal, da der dritte Theil diesem zweyten bald nachfolgen wird.

Frankfurt a. M. den 20. October 1812.

D. J. H. M. Poppe.

Inhalt des zweyten Theils.

Seite

Sechszehntes Kapitel. Gleichgewicht und Bewegung tropfbar flüssiger Körper 3

Siebzehntes Kapitel. Von dem specifischen Gewicht der Körper insbesondere 27

Achtzehntes Kapitel. Von der atmosphärischen Luft im Allgemeinen 58

Neunzehntes Kapitel. Vom Barometer . . . 78

Zwanzigstes Kapitel. Vom Heber 97

Ein und zwanzigstes Kapitel. Von der Ausdehnung und Verdünnung der Luft durch Wärme 104

Zwey und zwanzigstes Kapitel. Von der Luftpumpe 110

Drey und zwanzigstes Kapitel. Experimente mit der Luftpumpe 120

Vier und zwanzigstes Kapitel. Fortsetzung der Versuche mit der Luftpumpe 140

Seite

Fünf und zwanzigstes Kapitel. Von dem Grade der Verdünnung der Luft insbesondere 150
Sechs und zwanzigstes Kapitel. Von der Verdampfung im luftverdünnten Raume 154
Sieben und zwanzigstes Kapitel. Von der Kunst die Luft zu wägen und vom Manometer 158
Acht und zwanzigstes Kapitel. Von der Zusammenpressung oder Verdichtung der Luft. 164
Neun und zwanzigstes Kapitel. Von der Wärme und Kälte im Allgemeinen 169
Dreissigstes Kapitel. Von der Ausdehnung der Körper durch Wärme 203
Ein und dreissigstes Kapitel. Von der Zurückwerfung der Wärme 222
Zwey und dreissigstes Kapitel. Wieder einige belustigende und unterhaltende Kunststücke 227

Der

physikalische Jugendfreund.

Zweiter Theil.

Sechszehntes Kapitel.

Gleichgewicht und Bewegung tropfbar flüssiger Körper.

Ferdinand jubelte laut, als er Nachricht von Herrn Waltersdorfs Zurückkunft erhielt; ohne sich zu besinnen, rannte er fort nach dem Hause seines theuren Lehrers. Herr Waltersdorf war eben mit Auspacken beschäftigt, und aus dem Koffer kamen nicht blos Kleidungsstücke und Wäsche, sondern auch neue physikalische Werkzeuge hervor. Ferdinand sprang hoch auf, als er diese erblickte.

Schon den andern Tag wurde die Fortsetzung des Unterrichts begonnen. Auf dem Tische stand ein glä-

fernes mit Wasser gefülltes Gefäß wie Fig. 1. Taf. I; und mehrere Glasröhren von allerley Form und Größe lagen daneben. Du siehst, fing Herr Waltersdorf an, daß kein Wassertheilchen in diesem Gefäße Fig. 1. sich bewegt, sondern daß Alles vollkommen in Ruhe ist. In diesem Falle ist auch immer die Oberfläche *a b* vollkommen waagrecht oder horizontal (die durch Attraction an den Glaswänden hervorgebrachte Aenderung bey Seite gesetzt). Lägen nämlich einige Wassertheilchen höher als die andern, so könnte unmöglich eine Ruhe unter ihnen statt finden; die höher liegenden Theilchen würden wegen ihrer leichten Verschiebbarkeit den Gesetzen der Schwere gehorchen und nach tiefern Stellen hinabrollen, und nur dann würde das Herabrollen aufhören, wenn es für die Wassertheilchen gar keine tiefere Stellen mehr gäbe, wenn alle einerley Höhe hätten, d. h. wenn die Oberfläche des Wassers oder der sogenannte Wasserspiegel vollkommen horizontal geworden wäre.

Könnte ich in dem Wasser einen leeren Raum A greifen, indem ich daselbst eine Quantität Wasser herausnähme, so würde auch dieser Raum von dem umliegenden Wasser augenblicklich wieder ausgefüllt werden, und das Wasser könnte erst ruhen, wenn die Oberfläche *c d* wieder horizontal geworden ist. Ließe sich aber das Loch A in dem Augenblicke seiner Entstehung mit festen Wänden umgeben, so müßte freilich das herumliegende Wasser seinen Stand und seine Ruhe behalten; es könnte blos sein Bestreben herabzusinken durch einen Druck auf die Wände andeuten.

Dasselbe wird der Fall seyn, wenn man sich mehrere solcher leeren Räume oder Löcher wie A mit festen Umgebungen in dem Wasser gedenkt. Können die Wassertheilchen auch nicht jene Räume ausfüllen, so werden doch die obersten alle ihren horizontalen Stand gegen einander beybehalten. Gießt man das Wasser aus, und neues in jede beliebige Stelle des Gefäßes, so ruht das ganze Wasser nicht eher, als bis die ober-

sten Wassertheilchen in dem Gefäße überall in einer und ebenderselben horizontalen Ebene liegen.

Daher kommt es nun, daß in verschiedenen Gefäßen, deren innere Räume eine Gemeinschaft mit einander haben, oder in gebogenen Röhren von noch so mannigfaltiger Gestalt und Weite, hineingegossenes Wasser nicht eher ruht, als bis es sich in allen Gefäßen oder in allen Schenkeln der Röhren gleich hoch gestellt hat. Hier diese Röhre Fig. 2. hat einen weiten und einen engen schlangenförmig gebogenen Schenkel. Ich gieße in den einen Schenkel Wasser hinein. Siehe da! das Wasser tritt in den engen schlangenförmigen Schenkel nicht höher hinauf, als in den weiten. Die Oberfläche des Wassers *a* und *b* in den beiden Schenkeln liegt in einer und eben derselben horizontalen Ebene. Hier diese Röhre Fig. 3. hat drey Schenkel von verschiedener Gestalt und Weite. Das Wasser, welches ich hineingieße, kommt abermals in allen Schenkeln auf einerley Höhe, bey *a*, *b* und *c*. Läuft Wasser von ei-

ner Anhöhe in eine Grube, so hört das Wasser nur dann auf zu laufen, wenn die Grube voll und das Wasser darin bis zu derselben Höhe gekommen ist, die es in dem Behälter hat, aus welchem es herabfließt.

Gesetzt aber, ich gösse Wasser in eine Röhre wie Fig. 4., woran der eine Schenkel ganz kurz ist; wie würde es sich da mit dem Stande des Wassers verhalten? — Ist der lange Schenkel voll Wasser, so muß, wenn Ruhe oder Gleichgewicht statt finden soll, das Wasser in dem kurzen Schenkel auf dieselbe Höhe steigen. Das kann nun aber wegen der Kürze dieses Schenkels nicht geschehen. Das Wasser springt daher bis zu jener Höhe, wenn der kurze Schenkel oben eine kleine Oeffnung hat.

Der emporspringende Wasserstrahl erreicht jedoch diese Höhe nie ganz, weil manche Wassertheilchen schon früher zur Seite sinken und dann nicht mehr den Druck des nachfolgenden Wassers empfinden, weil das Wasser durch Reiben in der Sprungöffnung etwas von sei-

ner Gewalt verliert, und weil auch der Widerstand der Luft einen Theil seiner Bewegung schwächt. In den meisten Fällen, wo man Wasser zum Springen bringt, läßt man die Sprungröhre (den kurzen Schenkel) bis zu ihrer Mündung allmählig enger und enger (kegelförmig) zu gehen. Aber weit besser ist es, man läßt sie von gleicher (cylindrischer) Weite und bedeckt sie auf der Mündung mit einer Platte, in welche ein kleines Loch gebohrt ist.

Ist die Sprungöffnung im Verhältniß gegen die Weite der Sprungröhre zu groß, so kann der Strahl nicht hoch kommen, und um so weniger hoch, je weiter jene Oeffnung ist. Alsdann fallen nämlich sogleich viele Wassertheilchen zur Seite, auf welche der Druck von unten nicht mehr wirken kann.

Die meisten Springbrunnen oder Fontainen auf öffentlichen Plätzen der Städte und in Gärten verdankt man der Wirkung des obigen Gesetzes der Hydrostatik (der Wissenschaft von dem Gleichgewicht

tropfbar flüssiger Körper). Man unterscheidet sie daher unter dem Namen hydrostatische Springbrunnen von andern Fontainen, worin z. B. das Wasser wie bey dem Heronsbrunnen (Th. I. Taf. II. Fig. 11.) durch den Druck der Luft bewegt wird. Wenn Quellen, die auf einer Anhöhe liegen, mit einem Behälter eingefaßt werden, und wenn man das Wasser von da durch Röhren (gewöhnlich unter der Erde) auf einen tiefer liegenden Platz leitet, wo man dem Ende der Röhre ein kurzes aufrecht stehendes Röhrenstück mit einer kleinen Oeffnung giebt, so springt das Wasser aus dieser Oeffnung beynahe bis zu der Höhe empor, welche die Oberfläche des Wassers in jenem Behälter hat. Giebt es z. B. in Gärten, keine solche Anhöhe mit Wasser, so schaft man das Wasser durch Pumpen in ein Wasserbehältniß, wie Fig. 5., und leitet aus demselben eine Röhre herab, die unten ein aufwärts gehendes Röhrenstück hat. Das Wasser wird dann fast eben

so hoch emporspringen, als der Wasserstand in dem Kasten beträgt.

Jetzt wollen wir einmal eine Röhre Fig. 6. betrachten, womit unten durch eine kleine Seitenröhre ein weites Gefäß communicirt. Dieses Gefäß ist viel niedriger als die Röhre, wenn es nur bis *d* geht, wenn es daselbst etwa mit einem Deckel verschlossen werden könnte. Wenn Wasser in der Röhre bis *a* stände, so müßte es im Zustande der Ruhe in dem weiten Gefäße bis *b* stehen. Kann es aber in dem weiten Gefäße, wegen des Deckels, nicht höher als bis nach *d* kommen, und es steht doch in der Röhre bis auf *a*, so übt es unter dem Deckel bey *d* einen Druck aus, welcher gleich ist dem Gewicht einer Wassersäule, deren Grundfläche die Oberfläche des Deckels bey *d* und deren Höhe die lothrechte Linie *d b* vorstellt.

Hierauf gründet sich nun die Wirkung des sogenannten anatomischen Hebers, den der Freiherr von Wolf vor beinahe hundert Jahren erfand. Eine

Röhre von Blech, etwa 2 Fuß lang, ist mit einem weiten, aber niedrigen runden Gefäße, wie Fig. 7., verbunden, über welches bey *c* eine Blase gespannt wird. Hat man Wasser in die Röhre gefüllt, welches in derselben bis *a* steht, so leidet die Blase von diesem Wasser einen Druck, welcher dem Gewicht einer Wassersäule von der Grundfläche *c* und von der Höhe *c b* gleich ist. Die Blase wird dadurch bis zu einer Halbkugel ausgedehnt, so daß man nun auch die Struktur ihrer Theile besser erkennen kann.

Steche ich lauter kleine Löchelchen in die Blase, so springt aus ihnen das Wasser beynahe bis zu der Höhe der Röhre empor, vorausgesetzt, daß die Röhre voll erhalten wird. Das würde auch geschehen, wenn in der ganzen Blase unzählig viele Löcher ausserordentlich nahe an einander lägen. Die Summe von Wasserstrahlen, die sehr nahe beysammen liegen, giebt einen deutlichen Begriff von dem Druck der Wassersäule auf die Blase, weil man jene Summe von Strahlen

gleichsam als eine einzige Wassersäule ansehen kann, deren Grundfläche der Fläche der Blase gleich ist.

Der Blasebalg des s'Gravesande Fig. 9. zeigt noch deutlicher, daß die Größe des Wasserdrucks auf eine Fläche nicht auf die Menge des drückenden Wassers, sondern blos auf die Höhe der drückenden Säule und auf die Größe jener Fläche ankommt. *c d* und *e f* sind hölzerne Platten, welche man durch einen breiten Ring von wasserdichtem Leder so mit einander vereinigt hat, daß die eine Platte über der andern wie ein Blasebalg emporgehoben werden kann. Eine lange, aber enge Röhre *a b* am besten von Blech, ist auf die obere Platte befestigt. Ihr innerer Raum communicirt mit dem innern Raume des Blasebalgähnlichen Behältnisses. Gießt man nun Wasser in die Röhre, welches erst in jenes Behältniß läuft und dann auch die Röhre füllt, so leidet die obere Platte nach geschehener Füllung einen Druck, welcher dem Gewicht einer Wassersäule gleich ist von der Höhe der Röhre

über der Platte und von einer der Fläche der Platte gleichen Grundfläche. Ist die Platte nur einen Quadratfuß groß, und die Länge der Röhre 5 Fuß, so ist jener Druck dem Gewicht von 5 Kubikfuß Wasser gleich. Ein (Pariser) Kubikfuß Wasser wiegt 70 Pfund; folglich wiegen jene 5 Kubikfuß 350 Pfund. Stellen sich daher zwey ausgewachsene Menschen vor dem Füllen auf die Platte, so werden diese von dem Wasser in der Röhre (und wenn es auch nur 2 Loth wären) emporgehoben, sobald die Röhre voll Wasser ist.

Befestigte man eine lange Röhre in den Boden eines Fasses, füllte man darauf Faß und Röhre mit Wasser, so wäre es leicht möglich, daß das Faß durch die Gewalt des Wassers in der Röhre zersprengt würde.

Die Röhre braucht auch gerade nicht lothrecht zu gehen, um die bemerkten Wirkungen zu veranlassen; sie kann auch in schiefer Richtung mit dem weiten Behälter verbunden seyn, wie Fig. 10., wo *e f* die Höhe der Röhre anzeigt, *b d* aber die Höhe der Wassersäu-

le, welche den Deckel oder Boden *d* des weiten Behälters drückt. Stände das Wasser in der Röhre nur bey *c*, auf einer Höhe, die der Höhe des weiten Gefäßes gleich ist, so würde letzteres voll seyn, ohne daß ein Druck auf den obern Boden *d* statt fände.

Aus dieser Wirkung des Wasserdrucks erklärt man sich nun manche Erscheinungen in der Natur und im gemeinen Leben, die oft als die größten Wunder angestaunt werden. Im Innern der Gebirge ziehen sich oft Wassergänge oder Kanäle bis auf eine bedeutende Tiefe herunterwärts, und verlaufen sich zuletzt in eine Höhlung oder Grube, wo sich das Wasser sammlet. Leicht kann, wenn der Zufluß fortdauert, Höhlung und Kanal voll werden, und dann leidet die Decke der Höhlung einen Druck, welcher sich leicht berechnen läßt, wenn man den Flächen-Inhalt der Decke und die Höhe des Kanals weiß. Gesetzt, jener Inhalt betrüge nur 100 Quadratfuß, und die Höhe des Kanals nur 50 Fuß; wie groß, lieber Ferdinand, wäre dann je-

ner Druck? — Ferdinand antwortete ganz richtig: er wäre gleich dem Gewicht einer Wassersäule von 100 Quadratfuß Grundfläche und 50 Fuß Höhe, oder von 100mal 50, d. i. 5000 Kubikfuß. Er betrüge mithin 70mal 5000 oder 350,000 Pfund.

Wie leicht kann nun dieser Druck noch größer seyn, fuhr Herr Waltersdorf fort, wenn die Grube weiter oder der Kanal höher, oder beides zugleich ist. Wie leicht kann der Druck so stark werden, daß die Decke ihn nicht auszuhalten vermag, daß sie berstet und hinweg geschleudert wird, eine Erscheinung, die in gebirgigten Gegenden nicht blos schon oft unter dem Namen Erdfall statt fand, sondern die man auch wohl bisweilen schon für ein Erdbeben selbst hielt.

In vielen großen Städten sind auf den Höfen unter dem Pflaster Cisternen und andere Behältnisse angebracht, in welche man aus den obern Stockwerken Wasser und andere Flüssigkeiten durch Röhren hinunterlaufen läßt. Wird das Behältniß und auch die

Röhre voll, so springt nicht selten das Pflaster in die Höhe und die Erscheinung ist denn ganz die nämliche, wie in obigem Beispiele. Auch Schleusenböden, die nicht gut verwahrt sind, können auf ähnliche Art in die Höhe geworfen werden.

Dasselbe hydrostatische Gesetz wendet man auch an, um den Wasserdruck auf dem untern Boden eines Gefäßes, eines Glases, einer Flasche 2c. zu bestimmen. Ist der innere Raum des Gefäßes vollkommen cylindrisch, so ist natürlich der Druck, den der Boden leidet, dem Gewicht des ganzen Wassers in dem Gefäße gleich. Hat aber das Gefäß die Gestalt, wie Fig. 11. oder wie Fig. 12., so stellt *a c d b* die Größe der auf den Boden drückenden Wassersäule vor. Hieraus sieht man, daß von zwey Gefäßen, die einerley Wassermenge in sich enthalten, der Boden desjenigen einen stärkern Druck leidet, welches unten weit und oben enge, wie Fig. 12, ist, der Boden desjenigen aber einen

geringern Druck, welches unten enge und oben weit ist, wie Fig. 11.

Wenn Wasser, das im Zustande der Ruhe in dem weiten und engen Schenkel einer Röhre gleich hoch stand (wie Fig. 2. Taf. I.), auf einmal bewegt wird, so bewegt sich das Wasser in dem engen Schenkel geschwinder, als in dem weiten; es legt in einerley Zeit beym Auf- und Niedersteigen einen größern Raum zurück, und zwar einen um so größern, je enger der Schenkel ist. Wäre dieser Schenkel achtmal enger, als der andere, so würde sich das Wasser darin achtmal geschwinder bewegen, oder, während das Wasser in dem weiten Schenkel um 1 Linie sinkt, so würde es in dem engen um 8 Linien steigen, gerade wie beym Hebel, wo ein sehr kleines Gewicht mit einem sehr großen balanciren kann, wo aber auch die Geschwindigkeit des kleinen Gewichts um so viel größer ist.

Alle bisherigen Gesetze gelten auch, wenn statt des Wassers eine andere Flüssigkeit gesetzt wird, z. B. Oehl,

Quecksilber u. d. gl. Bei der Berechnung des Drucks dieser Flüssigkeiten muß man denn eben so wie beym Wasser, das Gewicht eines Kubikfußes, Kubikzolles ꝛc derselben kennen. Wie man dies erfährt, wird auch bald gezeigt werden.

Gießt man in eine Röhre mit zwey gleich weiten Schenkeln, wie Fig. 8., unten eine schwerere und in den einen Schenkel über jene eine leichtere Flüssigkeit, so muß die leichtere Flüssigkeit, z. B. Oehl, höher stehen, als die schwerere. Ist die untere Flüssigkeit Quecksilber, die obere in dem einen Schenkel befindliche Wasser, so wird die Wassersäule *c a* ohngefähr $13\frac{1}{2}$mal höher stehen, als die Quecksilbersäule bey *b*, weil Wasser ohngefähr $13\frac{1}{2}$mal leichter ist, als Quecksilber.

Jetzt wollen wir uns einmal wieder eine Flüssigkeit, z. B. Wasser, das in einem Gefäße Fig. 3. Taf. II. sich befindet, ruhend gedenken. Entstände plötzlich eine Oeffnung *a* in dem Gefäße, so würde da das Was-

ser augenblicklich herausdringen. Ehe dieses geschah, litt die Stelle *a*, so wie alle Stellen des Gefäßes, welche von Wasser berührt werden, einen Druck, den sogenannten Seitendruck, wovon folgendes eine genauere Ansicht giebt.

Ich will annehmen, *a* Fig. 3. Taf. II. wäre inwendig nur ein Punkt, und das ganze Gefäß wäre mit Wasser gefüllt. Läge nun an diesem Punkte ein einziges Wassertheilchen, so würde dieses mit seiner ganzen Gewalt den Punkt drücken. Aber über dem Theilchen liegt wieder ein Theilchen, über diesem Theilchen wieder ein anderes, das letzte liegt in der Oberfläche des Wassers. Alle Wassertheilchen zusammengenommen bilden einen Wasserfaden, dessen Gewicht die Stärke des Seitendrucks auf den Punkt *a* bestimmt. Nimmt man statt des Punktes eine Fläche an, so ist der Druck darauf gleich dem Gewicht einer Wassersäule, deren Grundfläche die Fläche *a* ist und deren Höhe von der Mitte jener Fläche bis an den Wasserspiegel gerechnet

wird. Wäre z. B. *a* einen Quadratzoll groß, und jene Höhe 5 Zoll, so betrüge der Inhalt jener Wassersäule 5 Kubikzoll. Wiegt ein Kubikzoll Wasser $1\frac{1}{4}$ Loth, so wiegen die 5 Kubikzolle $6\frac{1}{4}$ Loth. Wäre die Fläche 3 Quadratfuß groß, und die Höhe des Wasserspiegels über der Mitte der Fläche 2 Fuß, so betrüge der Seitendruck auf diese Fläche 2mal 3mal 70 oder 420 Pfund. Hieraus kann man leicht beurtheilen, wie stark der Seitendruck ist, den Dämme, Schleusen u. d. gl. oft von dem Wasser auszustehen haben, wie es möglich ist, daß das Wasser bey Ueberschwemmungen Gebäude eindrücken, starke Mauern und Bäume umstürzen kann, u. s. w. Bewegt sich das Wasser, so ist seine Gewalt natürlich noch größer.

Steht der Boden eines cylindrischen Glases vollkommen waagrecht, und ist das Wasser in dem Glase in Ruhe, so leidet die Wand des Glases ringsum an allen Stellen einen gleichen Druck. Gesetzt, ich könnte ein solches Glas, wie Fig. 1. Taf. II. so auf eine sehr

kleine Unterlage stellen, daß es darauf balancirte. Gesetzt ferner, es entstände auf einmal eine Oeffnung *a* in der Wand des Glases, ohne daß das ganze Glas eine Erschütterung erlitte; sollte dann das Glas wohl ruhig stehen bleiben? — Ferdinand meynte anfangs, das Glas müßte nach der Richtung des ausströmenden Wassers bey *a* umsinken, weil alle Wassertheilchen sich nach der Oeffnung hinzögen. Aber Herr Waltersdorf belehrte ihn bald, daß das Umsinken gerade nach der entgegengesetzten Richtung geschehen müßte. Denn, sagte er, wo das Loch ist, fehlt Wand; folglich kann an dieser Stelle der Druck des Wassers nicht so stark seyn, als an der gegenüberliegenden. Das Wasser, welches frey abläuft, drückt nicht. Auch sinkt der Wasserspiegel beym Auslaufen des Wassers aus der Oeffnung immer gleichmäßig tiefer; es häufen sich also keinesweges die Wassertheilchen an der Auslauföffnung.

Die Wirkung dieser artigen Maschine, Fig. 2. wirst du dir nun auch leicht erklären können. Sie besteht aus einem hohlen Cylinder (von Blech oder Holz), durch dessen Axe eine dünne Hülse geht, worin der Cylinder auf einem eisernen Stifte spielt. Unten hat der Cylinder eine Anzahl kleiner horizontaler Röhrchen, wovon jedes nur an der einen Seite, aber nicht fern vom Ende, ein kleines Löchelchen besitzt. Die Löcher aller Röhrchen sind gleich groß, und gehen alle nach einerley Gegend hin. Gießt man nun Wasser in den Cylinder, so kömmt das Wasser auch in die kleinen horizontalen Röhrchen und strömt dann aus den kleinen Löchelchen derselben heraus; der Cylinder muß sich daher umdrehen, und zwar nach einer Richtung, die der Richtung des ausströmenden Wassers entgegen gesetzt ist. Anfangs dreht sich der Cylinder langsam um; so wie er nach und nach angefüllt wird, dreht er sich immer schneller und schneller.

Man nennt diese Maschine Segners Rückwirkungsmaschine oder Segners Wasserrad, weil der Herr von Segner, der in Halle und Göttingen Professor war, sie erfand, und weil man jene Wirkung des Wassers auf die Wände von Gefäßen, Röhren 2c. Rückwirkung nennt. Der Engländer Barker verband oben mit der Hülse, wodurch der Cylinder auf dem Eisenstifte spielt, ein Mühleisen und einen Mühlstein, den Läufer, der sich bey der Umdrehung des Cylinders (oder auch eines achteckigten durch Breter genau zusammengesetzten hohlen Körpers) über einem unbeweglichen Mühlsteine, dem Bodensteine, umwälzte. Und so hatte er denn eine Mühle ohne ein gezahntes Rad und ohne ein Getriebe.

Ein Herr von Kempele ließ den Cylinder in umgekehrter Lage, so daß die Oeffnung des Cylinders unten hinkam, auf dem Stifte spielen. Statt des Wassers leitete er Dämpfe von kochendem Wasser mittelst

einer Röhre von unten in den Cylinder. Diese Dämpfe drückten begreiflich auch und strömten ebenfalls aus den Röhrchen aus; sie brachten folglich ein eben solches Umdrehen des Cylinders, wie bey Wasser, zuwege. Man nannte diese Kempelesche Maschine eine Dampfmühle ohne Rad und ohne Getriebe.

Jetzt legte Herr Waltersdorf eine Dampfkugel mit geradem Schnabel (Th. I. Taf. II. Fig. 6.) fest auf einen kleinen Wagen, nachdem er das Wasser in der Kugel längst zum Kochen gebracht hatte und schon eine Menge Dämpfe in der Kugel angesammlet waren. Der Schnabel stand nach der Deichsel des Wagens hin, der auf dem Boden des Zimmers sich befand. So wie die Dämpfe aus dem Schnabel ausströmten, rollte der Wagen rückwärts in dem Zimmer fort, natürlich aus demselben Grunde, warum Segners Wassermaschine sich umdrehte. Wo die Dämpfe frey ausströmten, brauchten sie nicht zu drücken; auf der ent-

gegengesetzten Seite aber fanden sie keinen Ausweg, weil da in der Kugel keine Oeffnung war, folglich erlitt da die Kugel einen stärkern Druck, als an der vordern Wand.

Die ausströmende Flüssigkeit kann auch noch von anderer Art seyn, als Wasser und Wasserdämpfe. Bey Feuerwerken beruht das Drehen der Feuerräder und das Aufsteigen der Raketen ganz auf demselben Grunde. Die Bewegung geschieht immer nach einer Richtung hin, die den Oeffnungen gerade entgegen ist, woraus die Masse dringt. Wenn man ein Schießgewehr abbrennt, dessen Kolben an der Backe liegt, so prellt dieser beym Losgehen des Gewehrs immer zurück und versetzt der Backe einen Stoß. Wenn eine Kanone losgefeuert wird, so springt sie immer eine Strecke zurück; das alles wegen der Rückwirkung der eingeschlossenen Masse, die sich nach allen Seiten hin gleichförmig ausdehnen will.

Schießt Wasser aus der Oeffnung eines Gefäßes,

z. B. aus *a* Fig. 1., so läuft es immer langsamer und langsamer, je mehr der Wasserspiegel sinkt, natürlich weil der Druck auf die vor *a* liegenden Wassertheilchen immer schwächer wird. In der Mathematik beweist man, daß die Geschwindigkeit des auslaufenden Wassers eben so abnimmt, wie die Quadratwurzel der Wasserhöhe über der Oeffnung. Läge z. B. der Wasserspiegel anfangs 16 Zoll über der Oeffnung, nach einiger Zeit nur 4 Zoll, so verhielte sich die anfängliche Geschwindigkeit des Wassers zu der nachmaligen, wie die Quadratwurzel aus 16 zu der Quadratwurzel aus 4, oder wie 4 zu 2, oder wie 2 zu 1. d. h. im Anfange bey der Wasserhöhe von 16 Zoll über der Oeffnung war die Geschwindigkeit doppelt so groß, als bey der nachherigen Höhe von 4 Zoll.

Siebenzehntes Kapitel.

Von dem specifischen Gewicht der Körper insbesondere.

Aufs Neue waren mehrere Stunden während des Unterrichts verflossen. Am folgenden Tage fielen Ferdinands Augen zuerst auf vier Kugeln, wie Fig. 4., wo die eine *a* von Eichenholz, die andere eben so große *b* von Blei, die dritte *c* von Eisen und die vierte viel größere von Tannenholz war. Diese beyden Kugeln, *a* und *b*, fing Herr Waltersdorf an, haben gleich große Durchmesser, sind folglich von einerley Volumen. Die bleyerne Kugel *b* wiegt aber mehr als die hölzerne *a*, weil Bley dichter ist, wie Holz, oder, wie man sich ausdrückt, weil Bley ein größeres

eigenthümliches, specifisches Gewicht besitzt, als Holz. Will man demnach über das eigenthümliche Gewicht zweyer Körper Betrachtungen anstellen, so nimmt man sie oder denkt sie sich von einem bestimmten Raumesinhalte. Die eiserne Kugel *c* und die hölzerne *d* wiegen gleich viel, d. h. ihr absolutes Gewicht ist einerley; dafür ist aber auch die hölzerne Kugel viel größer als die eiserne.

Denk' dir einmal, lieber Ferdinand, in einem Gefäße voll ruhenden Wassers eine Wasserkugel von beliebiger Größe, z. B. wie *a* Fig. 4. Diese Wasserkugel ruht natürlich, weil das ganze Wasser ruht. Sie wird mithin von einer Gewalt gehalten, die ihrem eignen Gewichte gleich ist. Denn wäre ihr Gewicht größer als jene Gewalt, so müßte sie niedersinken, wäre es geringer, so müßte sie von derselben Gewalt in die Höhe gehoben werden. Nun denk' dir, statt jener Wasserkugel, eine Kugel von einer andern Materie, z. B. von Quecksilber, von Holz, von Eisen, von Bley rc.;

ruht diese Kugel im Wasser an jeder Stelle, an welche ich sie bringe, so müßte sie natürlich eben so viel wiegen, als eine gleich große Wasserkugel, als die Wasserkugel, die sie aus der Stelle trieb, oder die vorher ihren Raum einnahm; sie hätte mithin dasselbe specifische Gewicht, wie Wasser. Sänke sie unter, so hätte sie ein größeres specifisches Gewicht; würde sie in die Höhe getrieben, so hätte sie ein geringeres specifisches Gewicht. — Statt der Kugel kann man auch einen Körper von jeder andern beliebigen Gestalt nehmen; jene Betrachtungen werden dadurch ganz und gar nicht geändert.

Körper, die nur sehr wenig specifisch schwerer als Wasser sind, sinken langsam im Wasser unter, z. B. ein Hühnerey. Körper die sehr viel specifisch schwerer sind, sinken sehr schnell unter, z. B. ein Stück Gold. Körper, die nur wenig specifisch leichter sind, als Wasser, z. B. Eichenholz, steigen, wenn man sie unter Wasser gebracht hatte, langsam zur Oberfläche em-

vor; Körper, die viel specifisch leichter sind, z. B. Kork, sehr schnell.

Wenn man an das eine Ende einer Waage einen festen Körper hängt, der specifisch schwerer ist als Wasser, z. B. einen Bleycylinder, und in die Waagschaale des andern Endes so viel Gewicht legt, daß in der freyen Luft ein vollkommenes Gleichgewicht statt findet, so wird bekanntlich das eine Ende des Waagbalkens so stark niedergedrückt als das andere. Senkt man aber den Bleycylinder in Wasser, so drückt er den Waagbalken nicht mehr so stark nieder, er steigt folglich mit dem Waagbalken in die Höhe. Er hat nämlich im Wasser einen Theil seines Gewichts verloren, und dieser Gewichtsverlust ist genau dem Gewicht der Wassermenge gleich, die er aus der Stelle getrieben hat, oder mit andern Worten, gleich dem Gewicht eines Wassercylinders von dem Volumen des Bleycylinders.

Herr Waltersdorf holte jetzt eine akkurat ge-

arbeitete sehr empfindliche Waage, welche so auf einem Postament ruhte, daß der Waagbalken mittelst einer Schraube höher und niedriger gestellt werden konnte. Unter jeder der kleinen Waagschalen war ein Haken zum Anhängen von Körpern angebracht, die man in Wasser oder in eine andere Flüssigkeit tauchen wollte. Eine solche Waage, sagte Herr Waltersdorf, wird eine hydrostatische Waage genannt. Unter die eine Waagschaale *a* Fig. 6. wurde erst ein hohler messingener Cylinder *c* gehängt, und unter diesen hohlen Cylinder ein massiver Bleycylinder *d*, der genau in die Höhlung jenes Cylinders paßte. In die Waagschale *b* wurde so viel Gewicht gelegt, daß der Waagbalken völlig ins Gleichgewicht kam. Dann senkte man den Bleycylinder ganz in Wasser ein, welches durch Auf- und Niederschieben des Waagbalkens leicht geschehen konnte. Die Waagschaale *b* sank darauf nieder, und *a* stieg empor, weil das Bley im Wasser einen Gewichtsverlust erlitten hatte. Daß dieser Ge-

wichtsverlust dem Gewicht des aus der Stelle getriebenen Wassers gleich war, davon überzeugte man sich bald völlig. Man füllte den hohlen Cylinder *c* behutsam mit Wasser. Sobald er voll war, stellte sich auch das Gleichgewicht der Waage wieder her. Folglich hatte dieses Ende des Waagbalkens wieder so viel empfangen, als es vorhin verloren hatte; nämlich einen Wassercylinder, dessen Volumen dem Volumen des Bleycylinders vollkommen gleich war. Hätte man, statt der Ausfüllung des hohlen Cylinders mit Wasser, so viel Gewicht auf die Waagschale *a* gelegt, oder auch so viel Gewicht aus der Waagschaale *b* herausgenommen, bis der Waagbalken wieder ins Gleichgewicht gekommen wäre, so würde dieses Gewicht den Gewichtsverlust des Bleycylinders, oder, welches einerley ist, das Gewicht des aus der Stelle getriebenen gleich großen Wassercylinders angegeben haben. Vergleicht man nun dieses Gewicht mit dem Gewichte des Bleycylinders in freyer Luft, so hat man das Verhältniß des specifi-

schen Gewichts vom Wasser und Bleye. Hätte z. B. der Bleycylinder 11 Loth gewogen, im Wasser aber 1 Loth an Gewicht verloren, so verhielte sich das specifische Gewicht des Wassers zum specifischen Gewicht des Bleyes wie 1 zu 11, oder das specifische Gewicht des Bleyes wäre 11, wenn dasjenige des Wassers 1 genannt wird.

Jetzt wog Herr Waltersdorf ein massives Stück Glas, und fand es in freyer Luft $5\frac{1}{2}$ Loth an Gewicht. Mittelst eines Fadens an das Häkchen unter der Waagschaale *a* befestigt und in Wasser eingesenkt, verlor es 2 Loth an Gewicht. Es verhielt sich mithin das specifische Gewicht des Wassers zu demjenigen des Glases wie 2 zu $5\frac{1}{2}$ oder wie 4 zu 11. das specifische Gewicht des Glases war mithin $2\frac{3}{4}$ (11 dividirt durch 4).

Auf diese Art kann man also, fuhr er fort, das specifische Gewicht aller derjenigen festen Körper bestimmen, die sich eben so wie jene in Wasser einsen-

ken lassen. Man dividirt allemal ihr in freyer Luft bestimmtes Gewicht durch ihren Gewichtsverlust in Wasser. Der Quotient zeigt dann allemal ihr specifisches Gewicht an, während dasjenige des Wassers zur Einheit angenommen wird. Den Gewichtsverlust selbst bestimmt man, wie gesagt, entweder durch Zulegen auf die eine Waagschaale, woran der abzuwägende Körper hängt, oder durch Herausnehmen aus der andern. So findet man z. B. das specifische Gewicht vom

Platin	-	-	$19\frac{1}{2}$
Golde	-	-	$19\frac{1}{4}$
Silber	-	-	$10\frac{1}{2}$
Kupfer	-	-	8
Eisen	-	-	$7\frac{4}{5}$
Zinn	-	-	$7\frac{1}{8}$
Bley	-	-	$11\frac{2}{5}$
Diamant	-	-	$3\frac{3}{5}$
Feuerstein	-	-	$2\frac{3}{5}$

Elfenbein - - $1\frac{4}{5}$

Ebenholz - - $1\frac{1}{5}$

Ein Kubikfuß Gold würde mithin 70mal $19\frac{1}{2}$ Pfund oder 1365 Pfund, ein Kubikfuß Silber 70mal $10\frac{1}{2}$ oder 735 Pfund, ein Kubikfuß Ebenholz 70mal $1\frac{1}{5}$ oder 84 Pfund wiegen.

Schon beym Abwägen des Bleycylinders und des Stück Glases haben wir gesehen, daß ein specifisch schwererer Körper im Wasser weniger von seinem Gewicht verliert, als ein specifisch leichterer. Das Bley verlor nur $\frac{1}{11}$ von seinem Gewicht, das Glas aber $\frac{4}{11}$. Je specifisch leichter ein Körper ist, desto mehr Gewichtsverlust hat er. Ein Körper, der eben das specifische Gewicht hat als Wasser, verliert sein ganzes Gewicht im Wasser; er wird ja vom Wasser gehalten. Ein Körper, der specifisch leichter ist als Wasser, kann für sich gar nicht weder im Wasser untersinken, noch im Wasser schweben bleiben; das Wasser hebt ihn stets zur Oberfläche empor, d. h. er muß schwimmen.

Hätte man also einen ächten Dukaten und einen falschen, so könnte man letztern durch Abwägen im Wasser von jenem unterscheiden. Denn der falsche wird mehr Gewichtsverlust haben, als der ächte. Der Versuch mit einem so kleinen Stück Metalle erfordert indessen gar zu viele Genauigkeit. Mit einem größern Stücke geht es schon besser. Reines Gold darf nicht mehr als $\frac{1}{19}$ von seinem Gewicht verlieren; verliert es mehr, so ist es verfälscht. Von dem alten berühmten Mathematiker Archimedes erzählt man folgende Anekdote. Der König Hiero von Syrakus hatte sich aus 18 Pfund Gold eine Krone machen lassen; und da er vermuthete, daß der Goldschmied ihn betrogen habe, obgleich die Krone wirklich 18 Pfund wog, so übergab er sie dem Archimedes zur Untersuchung. Dieser saun lange vergebens auf Mittel, dem Verlangen des Königs ein Gnüge zu leisten. Durch Zufall kam er jedoch dahinter, als er in einem Bade sich befand, und den Gewichtsverlust seines Körpers

im Wasser wahrnahm. Er ließ sich nun vom Könige außer der Krone, 18 Pfund reines Gold und 18 Pfund Silber geben, und wog Krone, Gold und Silber im Wasser ab. Das Gold verlor 1 Pfund von Gewicht, das Silber $1\frac{1}{2}$ Pfund, die Krone $1\frac{1}{3}$ Pfund; folglich war die Krone verfälscht, und zwar bestand sie, wie man durch eine leichte Vergleichung der Gewichtsverluste 1, $1\frac{1}{2}$ und $1\frac{1}{3}$, oder $\frac{6}{6}$, $\frac{9}{6}$ und $\frac{8}{6}$, oder 6, 9, 8 bald findet, aus 12 Pfund Silber und 6 Pfund Gold (2 Theilen Silber und 1 Theile Gold). — Das Beyspiel zeigt jedoch, daß der Gewichtsverlust nicht genau mit unserer Angabe übereinstimmt. Da auch das Silber selbst wieder versetzt seyn konnte, welches der Goldschmied zu der Krone nahm, so wär das Resultat der Archimedschen Versuche nicht so leicht mit Zuverläßigkeit anzugeben, als man gewöhnlich thut.

Will man das specifische Gewicht eines solchen Körpers bestimmen, der leichter als Wasser ist, so verbindet man mit ihm eine Materie, die ihn in das

Wasser hinabzieht, z. B. ein Stück Bley. Man merkt sich genau den Gewichtsverlust der vereinigten Masse. Dann wiegt man das Bley allein im Wasser ab und merkt sich seinen Gewichtsverlust. Diesen Gewichtsverlust zieht man von jenem ab, und mit dem Unterschiede dividirt man in das absolute Gewicht des Körpers, welches er beym Abwägen in freyer Luft zeigt. Hier wird der Quotient natürlich immer nur ein Bruch seyn.

So ergiebt sich z. B. das specifische Gewicht von

Eichenholz	-	-	$\frac{10}{11}$
Büchen	-	-	$\frac{9}{11}$
Weiden	-	-	$\frac{3}{5}$
Tannen	-	-	$\frac{1}{2}$
Kork	-	-	$\frac{1}{4}$

Das specifische Gewicht von Pulvern, Körnern u. d. gl., so wie von Quecksilber, erforscht man auf folgende Art. Man wiegt erst ein leeres gläsernes Eimerchen in Wasser ab, und dann dasselbe

Eimerchen mit jener Materie gefüllt. Den Gewichtsverlust des vollen Eimerchens zieht man vom Gewichtsverlust des leeren Eimerchens ab, und mit dem Unterschiede dividirt man wieder in das absolute Gewicht der Materie.

So fände man z. B. das specifische Gewicht des
Quecksilbers - - $13\frac{3}{5}$.

Ein Kubikfuß Quecksilber wöge also 70mal $13\frac{3}{5}$ oder 952 Pfund.

Herr Waltersdorf senkte nun noch einmal das Stück Glas, welches mit einem Gewichte in der andern Waagschaale das Gleichgewicht hatte, in Wasser, und merkte sich den Gewichtsverlust. Darauf senkte er es in Salzwasser. Hier war der Gewichtsverlust größer. Er merkte sich auch diesen. Jetzt brachte er einen Waagbalken herbey, woran zwey gleich große bleyerne Kugeln, *a* und *b* Fig. 7. balancirten. Tauchte er beyde in süßes Wasser, so behielten sie noch ihr Gleichgewicht, weil sie gleich viel an

Gewicht verloren hatten. Tauchte er aber die eine in süßes Wasser, die andere in Salzwasser, so verlor der Waagbalken das Gleichgewicht; die Kugel in süßem Wasser sank, die in Salzwasser stieg, weil letztere mehr an Gewicht verloren hatte als jene.

Jeder feste Körper verliert also in einer specifisch schwereren Flüssigkeit mehr an Gewicht, als in einer leichtern. Senkt man daher einen festen Körper erst in Wasser und dann in die andere Flüssigkeit ein, so bestimmt das Verhältniß der Gewichtsverluste in den beyden verschiedenartigen Flüssigkeiten das Verhältniß des specifischen Gewichts des Wassers zu dem specifischen Gewicht der Flüssigkeit. Dividirt man nun die letztere Zahl durch die erstere, so bekommt man das specifische Gewicht der Flüssigkeit, wobey das specifische Gewicht des Wassers wieder 1 bleibt. — Zum Einsenken in die Flüssigkeiten wendet man immer am liebsten ein massives Stück Glas an, weil dieses am

reinlichsten erhalten werden kann, und weil Glas von den meisten Säuren gar nicht angegriffen wird.

So findet man denn das specifische Gewicht von

Maderawein	- -	$1\frac{1}{26}$
Weißem Franzwein	-	$1\frac{1}{50}$
Champagner	- -	$\frac{10}{11}$
Rheinwein	- -	$\frac{11}{12}$
Alkohol	- -	$\frac{4}{5}$
Baumöhl	- -	$\frac{9}{10}$

Die meisten und genauesten Versuche über das specifische Gewicht der Körper hat der Franzose Brisson angestellt. Die Resultate derselben machen ein ziemlich dickes Buch aus.

Auch specifisch schwerere Flüssigkeiten sinken in specifisch leichtern Flüssigkeiten unter, wenn nicht gegenseitige Cohäsionskräfte dieses verhindern, wenn nicht die Theilchen der Flüssigkeiten sich so einander anziehen, daß eine innige Vermischung erfolgt. Umgekehrt: specifisch leichtere Flüssigkeiten treten

über schwerere und schwimmen darauf. So schwimmt Oehl auf Wasser, Wasser auf Quecksilber.

Am auffallendsten sieht man solche Trennungen der Flüssigkeiten an der sogenannten Elementarwelt. In einem cylindrischen Gefäße, wie Fig. 5. Taf. II. befindet sich Schmelz, zerflossenes Laugensalz, roth gefärbter Weingeist und Terpentinspiritus; oder Quecksilber, Lauge, Terpentinöhl und Luft; oder auch noch andere Materien von verschiedenem specifischem Gewicht. Man mag diese Materien noch so sehr unter einander schütteln, nach einigen Minuten Ruhe trennen sie sich wieder von einander; die leichteste Materie stellt sich oben, die schwerste unten hin. — Der Name Elementarwelt ist dadurch entstanden, daß man sich unter den vier verschiedenen Flüssigkeiten die vier Elemente: Erde, Wasser, Feuer und Luft gedachte.

Es kann sich aber auch ereignen, daß eine schwerere Flüssigkeit über einer leichtern stehen bleibt, nämlich alsdann, wenn die leich-

tere Flüssigkeit nicht auszuweichen vermag. Herr Waltersdorf zeigte eine enge Glasröhre (eine Barometerröhre), worin Quecksilber über Wasser; eine andere, worin Quecksilber sogar über Luft stand.

Sehr interessant war der Versuch, wo Herr Waltersdorf eine Bleykugel, die mit einem Gewicht an der Waage im Gleichgewicht stand, in die Elementarwelt einsenkte. So wie sie aus der leichtern Flüssigkeit in die schwerere kam, so vermehrte sich sehr auffallend ihr Gewichtsverlust.

Wenn ein fester Körper, der im Wasser (oder in einer andern Flüssigkeit) gerade sein ganzes Gewicht verliert, genau eben so viel wiegt, als die Wassermenge, welche seinen Raum erfüllen würde, (die er auch wirklich aus der Stelle getrieben hat), und wenn ein schwimmender Körper, der gar kein Wasser aus der Stelle triebe, auch gar kein Gewicht haben könnte, so würde man schon hieraus den Schluß ziehen: ein Körper der in einer Flüssigkeit

schwimmt, sinkt so tief in der Flüssigkeit ein, bis das aus der Stelle getriebene Fluidum gerade so viel wiegt als der ganze Körper selbst. Von einem Körper, der nur etwas specifisch leichter als die Flüssigkeit ist, steht daher auch nur ein kleiner Theil aus der Oberfläche des Fluidums empor; von einem andern, der viel specifisch leichter ist, (z. B. Kork in Wasser) ein großer. In beyden Fällen wiegt das Wasser, welches den eingetauchten Raum des Körpers erfüllen würde, so viel, als der ganze Körper.

Mancher Körper, der in süßem Wasser untergeht, schwimmt in Salzwasser; mancher, der in süßem Wasser schwimmt, geht in Branntewein oder doch in Weingeist unter. So geht z. B. ein Ey in süßem Wasser unter, und schwimmt in Salzwasser. Durch allmäliges Zugießen von süßem Wasser kann man eine Flüssigkeit erhalten, die dasselbe specifische Gewicht als das Ey hat, eine Flüssigkeit, worin das Ey, an jeder Stelle

schweben bleibt. Die Cartesianischen Teufelchen (Th. I. Taf. II. Fig. 9.) geben uns auch das Beyspiel von einem Körper, der in Wasser nach Belieben zum Schwimmen, Sinken und Schweben gebracht werden konnte. Auf ähnliche Art verändern auch die Fische mittelst der Schwimmblase ihr specifisches Gewicht, indem sie die Luft in der Blase zusammenpressen oder ausdehnen, sich dadurch specifisch schwerer machen und sinken, oder specifisch leichter und in die Höhe steigen.

Eine hohle Kugel von Glas oder Metall mit einem Stiele oder Halse wie Fig. 8. kann man durch ein unten befindliches Gewicht *c* so zum Schwimmen bringen, daß der Hals vertikal über der Oberfläche der Flüssigkeit steht. Das Gewicht *c* kann ein hohles Kügelchen mit Quecksilber oder mit Bleyschrot seyn. Ein solches Instrument, welches Aräometer oder hydrostatische Senkwaage genannt wird, sinkt nun in leichtern Flüssigkeiten tiefer, in schwererern weniger tief ein; und wenn man den Hals in eine ge-

wisse Anzahl gleicher Theile theilt oder graduirt, so dient es, das specifische Gewicht der Flüssigkeiten zu prüfen, bey gleichartigen Flüssigkeiten zu erkennen, ob sie das richtige specifische Gewicht besitzen, ob sie zu leicht oder zu schwer sind. Man braucht sie daher auf Salzwerken die Stärke des Salzwassers zu erforschen, und dann heißen sie Salzwaagen, Soolwaagen, Salzspindeln; ferner unter dem Namen Laugenwaagen zur Prüfung der Laugen in Seifensiedereyen, Potaschensiedereyen 2c; unter dem Namen Bierwaagen zu Bier; unter dem Namen Brannteweinswaagen und Alkoholometer zu Branntewein und Weingeist; als Milchwaagen zu Milch 2c. In Salzwasser, in Laugen, in Bier und Milch sinken die Aräometer nicht so tief ein als in Wasser; und je stärker diese Flüssigkeiten sind, desto weniger tief sinken sie darin ein. In Branntewein und Weingeist sinken sie tiefer ein als in Wasser, und zwar um so tiefer, je stärker diese Flüssigkeiten sind. Das-

jenige Salzwasser, in welchem das Aräometer nur bis *b* Fig. 8. einsinkt, ist z. B. stärker, als das, worin es bis *a* einsinkt; und umgekehrt ist derjenige Branntewein, worin es bis *a* einsinkt, stärker, als der, in welchem es nur bis *b* sich eintaucht. Daher müssen die Abtheilungen auf dem Halse, die man durch Eintauchen des Instruments in verschiedene Mischungen bestimmt, bey Flüssigkeiten die schwerer als Wasser sind, von einem Punkte *a* herunterwärts nach der Kugel zu, bey leichtern Flüssigkeiten von der Kugel an hinaufwärts getragen werden.

Eine besondere Art von Aräometern ist noch die, Fig. 9., wobey man den Unterschied des specifischen Gewichts der Flüssigkeiten durch Auflegen von kleinen Gewichten (von Granen, Assen ꝛc.) auf den Ansatz *a* des Halses bestimmt. Süßes Wasser tritt z. B. genau bis über die Kugelfläche an ein kleines Merkzeichen. In Salzwasser steht von der Kugelfläche ein Theil über Wasser. Soll das Instrument wieder bis an

jenes Merkzeichen eintauchen, so muß man die kleinen durchlöcherten Gewichte über den Hals auf den Ansatz *a* schieben. Natürlich muß man desto mehr Gewichte auf diesen Ansatz schieben, je stärker das Salzwasser ist. Durch Vergleichung der aufgelegten Gewichte findet man den Unterschied in dem specifischen Gewichte der Flüssigkeiten.

In der Wärme, wo sich alle Körper ausdehnen, nehmen auch die tropfbaren Flüssigkeiten an Volumen zu, und werden specifisch leichter. Das Aräometer Fig. 9., welches in kaltem Wasser schwimmt, geht in warmem Wasser entweder unter, oder taucht sich doch beträchtlich tiefer darin ein. — Im Winter kann man Schiffe stärker befrachten, als im Sommer.

Schon an den Aräometern von Glas oder Metall sahen wir, daß Körper, die specifisch schwerer als Wasser sind, zum Schwimmen gebracht werden konnten, wenn man ihr Volumen vergrößerte ohne ihr Gewicht zu vermehren. Unter diesen Umständen kann so-

gar Gold und Platina auf Wasser schwimmen. Es muß dann nämlich das Metall sammt der Luft, die es einschließt, weniger wiegen, als eine Wassermasse von gleichem Volumen. Hat man eine große Metallkugel, deren Wände sehr dünn sind, so schwimmt sie so auf Wasser, daß ein sehr großer Theil von ihr, wie bey Kork, über der Oberfläche des Wassers hervorragt. Eine ungeheuer große hohle Metallkugel mit sehr dünnen Wänden, aus welcher man die Luft herausschaffen könnte, würde sogar in der Atmosphäre eben so wie ein Luftballon von Papier oder Taffet emporsteigen, wenn sie weniger wöge, als eine gleich große Luftmenge, oder als eine Luftkugel von einerley Volumen. — Es schwimmen ja auch Pontons und Schiffe auf dem Wasser, selbst wenn sie so stark mit Kupfer beschlagen sind, daß man beynahe das Holz nicht mehr sieht.

Der menschliche Körper, meynte Ferdinand, müßte wohl specifisch schwerer seyn als Was-

ser, weil Menschen, die ins Wasser fallen, untergehen und ertrinken, sobald sie nicht schwimmen können oder nicht von andern gerettet werden. — Specifisch leichter als Wasser, nicht blos als Seewasser, sondern auch als süßes Wasser, ist der menschliche Körper, fuhr Herr Waltersdorf fort, wie die allerneuesten Versuche und Erfahrungen gelehrt haben; aber freylich nur sehr wenig leichter. Wirft man den menschlichen Körper in Wasser, so ragt bey völliger Ruhe des Körpers nur ein kleiner Theil des Kopfes aus der Wasserfläche empor. Die Nasenlöcher sind gewöhnlich unter, die Augen über dem Wasser. Legt der Mensch den Kopf ganz zurück, so bleiben Mund und Nase über dem Wasser, so daß er frey athmen kann. Bey jedem Einathmen steigt der Körper, bey jedem Ausathmen sinkt er etwas. In jenem Falle schwillt die Brust (nimmt an Volumen zu), in diesem Falle geht sie etwas zusammen. Im Meerwasser, welches ohngefähr $\frac{1}{40}$ specifisch schwerer

ist als süßes Wasser, sinkt der Mensch noch etwas weniger tief ein.

Es würden daher nur selten Menschen, die ins Wasser fallen, ertrinken, wenn sie nur Besinnung und Entschlossenheit genug behielten, die üble Gewohnheit zu vermeiden, mit Armen und Beinen falsche Bewegungen zu machen und Wasser einzuschlucken. Dadurch werden sie erst specifisch schwerer und gehen unter. Ueberließen sie sich ganz dem nassen Element, hielten sie die Arme stets ruhig unter Wasser, und legten sie den Kopf auf obige Art zurück, so würden sie gewiß nicht untersinken und höchst wahrscheinlich gerettet werden. Wenn sie noch dazu die Brust und die Backen zu erweitern suchten, und die Hände unter dem Wasser bewegten, so käme der Kopf noch höher herauf. Setzten sie die Beine in Bewegung wie beym Treppensteigen, so würden selbst die Schultern aus dem Wasser treten. — Es braucht also derjenige, welcher

ins Wasser fällt, nur diese Regeln auszuüben, um sein Leben zu retten.

Es läßt sich nun auch leicht der Grund einsehen, warum Menschen, die ohne Furcht ganz ruhig im Wasser liegen, z. B. kleine Kinder, die hineingefallen sind, nicht so leicht ertrinken. Der berühmte Capitain Cook sah ein Boot in der Südsee umstürzen, in welchem ein Paar Wilde mit ihrem Kinde saßen. Sie machten sich gar nichts daraus und suchten das Boot wieder umzukehren. Das Kind schwamm dabey lachend wie ein Kork herum.

Manche Menschen, besonders sehr dicke, sind von Natur beträchtlich viel leichter als Wasser. Sehr frappant ist das Beyspiel von einem gewissen Paolo Moccia. Dieser Mensch wog 500 Neapolitanische Pfunde, und sein specifisches Gewicht war um 30 Pfund geringer, als dasjenige des Wassers. Er sank im Meere nicht weiter unter, als bis mitten an die

Brust, und konnte alle mögliche Stellungen im Wasser annehmen.

Ein ertrunkener auf dem Grunde liegender Mensch nimmt in einigen Tagen durch Aufschwellen an Volumen zu. Er wird dann specifisch leichter und kommt wieder auf die Oberfläche zurück. Nach dem gemeinen Sprachgebrauche hat ihn das Wasser in die Höhe gestoßen.

Da es also nur einer kleinen Zunahme des Volumens an einem untergesunkenen menschlichen Körper bedarf, wenn er von selbst wieder auf die Oberfläche steigen soll, so begreift man leicht, wie wenig Kraft dazu gehört, einen untergegangenen Menschen wieder auf die Wasserfläche zu bringen. Denn er hat ja beynahe sein ganzes Gewicht im Wasser verloren. Man weiß Beyspiele von Hunden, die Menschen retteten, welche ins Wasser gestürzt und untergegangen waren. — Die vierfüßigen Thiere haben überhaupt durch die Stellung ihres Körpers, durch die Lage ihrer Nase und ih-

res Mundes und durch die Art der Bewegung ihrer Füße beym Gehen, vor dem Menschen manche Vortheile im Schwimmen.

Wie könnte aber wohl jeder Mensch das specifische Gewicht seines Körpers finden? fragte jetzt Herr Waltersdorf. — Ferdinand besann sich nur wenige Augenblicke. Dann gab er folgende Antwort von sich: Man müßte ein großes Gefäß, z. B. eine Badewanne, die in einem andern Behälter stände, ganz mit Wasser füllen. Dann müßte sich der Mensch ganz in dieses Wasser eintauchen. Das Wasser, welches der Mensch aus der Stelle triebe, würde ganz in den untern Behälter laufen. Wöge man dieses Wasser genau, und ließe sich auch der Mensch selbst wiegen, so würde das Gewicht des Wassers und das Gewicht des Menschen das Verhältniß ihrer specifischen Gewichte anzeigen, denn beyde wären ja von gleichem Volumen.

Herr Waltersdorf fand diese Erklärung durchaus befriedigend, und reihete dann noch folgendes an jene Betrachtung an.

Ein dünnes Metallblech, eine dünne Bleyplatte, ein Heller etc. schwimmen oft auf dem Wasser, so lange dieses nicht von oben drückt. Die Theilchen jener dünnen Körper haben nämlich durch ihren geringen Druck nicht so viele Gewalt, als dazu gehört, die darunter befindliche Wassersäule zur Seite zu schieben. Oft vermehren auch Luftbläschen, die sich an solche Körper setzen, die scheinbare specifische Leichtigkeit derselben, wie z. B. bey Nadeln, die auf Wasser schwimmen, wenn man sie behutsam mit ihrer ganzen Länge zugleich darauf legt.

Wenn man das Volumen eines schwimmenden Körpers verkleinert, ohne sein Gewicht zu vermindern, so geht er oft unter. So sinkt z. B. eine zusammengedrückte Blase zu Boden, welche, durch Luft ausgedehnt, auf dem Wasser schwamm. Wenn man manche nur mit Luft ausgefüllte Räume eines schwimmenden Körpers durch eine specifisch schwerere Materie ersetzt, so geht der Körper ebenfalls oft unter. So geht

ein umgestürztes Glas unter, wenn es sich mit Wasser anfüllt; so geht ein Schiff unter, das einen Leck bekommt. Sägespähne, die als ein zusammenhängendes Stück Holz oben schwammen, gehen unter, weil ihre Poren leicht bis in den Mittelpunkt mit Wasser erfüllt werden, welches bey einem größern Stück Holze nicht leicht der Fall ist.

Das Schwimmen eines Menschen ist ein künstliches Schwimmen, wenn der Mensch mit Händen und Füßen solche Bewegungen macht, daß das Wasser ihn höher emporhalten muß, als bey dem natürlichen Schwimmen geschehen würde. Aber auch dann ist das Schwimmen ein künstliches zu nennen, wenn der Mensch eine solche Materie mit sich verbindet, die um ein Beträchtliches specifisch leichter als Wasser ist, z. B. große mit Luft gefüllte Blasen, trockne Binsen, Jacken oder Kleider aus Kork, sogenannte Wasserharnische,

Schwimmgürtel u. d. gl. Blasen und Binsen werden auf jedem Fall über die Brust befestigt; der Wasserharnisch aus wasserdichtem Rindsleder von der Gestalt eines umgekehrten Bechers verfertigt, der Schwimmküraß aus Korkrinde, mit grober Leinwand überzogen und wie eine Schnürbrust verfertigt, so wie die Schwimmkleider aus starkem Leder mit aufgeblasenen Beuteln, und die Schwimmgürtel aus mehreren hundert verbrauchten Korkstöpseln rc., müssen ja so an den Leib befestigt seyn, daß der Schwerpunkt des schwimmenden Menschen tiefer als der Unterleib liegt; denn sonst würde sich der Mensch im Wasser umkehren können, so, daß der Kopf unten und die Beine oben hin kämen. Wirklich hat auf diese Art ein Mensch schon das Leben verloren, der es sich durch ein Schwimmkleid sicher zu erhalten glaubte.

Der Schwerpunkt eines schwimmenden Körpers muß unter Wasser seyn, wenn er nicht durch das geringste Schwanken aus seiner Lage herauskommen soll.

Je tiefer ein Körper eintaucht, desto sicherer ist er vor dem Umschlagen. Soll der Körper in einer ihm gegebenen Lage schwimmen, so muß eine gerade Linie durch den Schwerpunkt des Körpers und durch den Schwerpunkt der Wassermasse lothrecht seyn. Diese und ähnliche Regeln, wie man sie aus der Lehre vom Schwerpunkte ableiten kann, dürften beym Schiffbau, und bey der Schiffahrt (z. B. bey dem Beladen eines Schiffs) gewiß alle Beachtung verdienen.

Achtzehntes Kapitel.

Von der atmosphärischen Luft im Allgemeinen.

Die unsichtbare Flüssigkeit, welche wir Luft nennen, umgiebt unsere Erde allenthalben bis zu einer großen Höhe. Mit diesen Worten begann Herr Waltersdorf am folgenden Tage eine der wichtigsten

und interessantesten Lehren. Denken wir uns eine Gränze der gesammten Luftmasse, so muß diese Gränze allenthalben gleich weit von der Mitte unserer Erde entfernt seyn. Die ganze Umgebung von Luft hat folglich die Gestalt einer Kugel (sphaera), wie die Erde selbst, und deswegen begreift man sie auch stets unter dem Namen Atmosphäre. Jeder Theil davon heißt atmosphärische Luft, weil es noch andere Luftarten giebt, die wir erst in der Folge werden kennen lernen. Die atmosphärische Luft ist zur Erhaltung unseres Lebens und der ganzen organischen Natur durchaus nothwendig.

Daß die Luft etwas Körperliches ist, davon überzeugt uns der Wind sehr auffallend; das bemerken wir an den Blasebälgen; an jedem senkrecht ins Wasser gedrückten Trinkglase, woraus die Luft entweicht und dem Wasser Platz macht, wenn man es schief hält; an dem Lichte, das, um die Umdurchdringlichkeit der Luft zu beweisen mit einer gläsernen Röhre unter Was-

ser gedrückt wurde (Th. I. Taf. I. Fig. 5.); an der Taucherglocke ꝛc. Wir wissen auch längst, daß die Luft nicht blos compressibel, sondern auch elastisch ist. Wir brauchen nur wieder an den Heronsbrunnen, an den Windkessel der Feuerspritze, und an die Cartesianischen Teufelchen zurückzudenken.

Herr Waltersdorf nahm jetzt eine gläserne Röhre, die 30 bis 34 Zoll lang und nur an einem Ende offen war. Er füllte sie durch einen papiernen Trichter mit Quecksilber, drückte dann den Finger fest auf das offene Ende, kehrte sie um, brachte das offene Ende sammt dem Finger in ein Gefäß A mit Quecksilber, wie Fig. 10, und zog erst unter Quecksilber den Finger wieder hinweg. Was sah da Ferdinand! Das Quecksilber sank in der Röhre herab, aber nur bis *c*. Auf dieser Höhe, die, bis an die Oberfläche des Quecksilbers in dem Gefäße A gerechnet, 27 Zoll betrug, blieb sie stehen. Ueber *c* war ein ganz leerer

Raum, nicht blos leer von Quecksilber, sondern auch leer von Luft.

Welche Kraft sollte nun wohl die Quecksilbersäule in der Röhre auf jener Höhe erhalten? Sollten es Adhäsions= oder Attractivkräfte des Glases seyn? — Wir wissen, Quecksilber wird nicht (oder doch nur sehr schwach) vom Glase gezogen. Und hielten solche Kräfte das Quecksilber, so müßte die ganze Säule auch dann stehen bleiben, wenn man oben die Röhre öffnete. Dies ist jedoch nicht der Fall. Oeffnet man oben die Röhre, so sinkt das ganze Quecksilber augenblicklich herunter.

Es kann demnach keine andere Kraft die Quecksilbersäule in der Röhre erhalten, als die äußere Luft, welche vermöge ihrer Schwere auf das Quecksilber in dem Gefäße drückt. Die Folge wird dieses auch ganz und gar bestätigen.

Der Druck der Luft ist so stark, daß er mit einer Quecksilbersäule balancirt, deren Höhe ohnge=

fähr 27 Zoll beträgt. Auf die Dicke der Quecksilbersäule kommt durchaus nichts an. Ueber der Quecksilbersäule darf aber keine drückende Kraft sich befinden. Oeffnet man oben die Röhre, so drückt die Luft auch von oben auf das Quecksilber; dann ist der Druck der Luft von beyden Seiten gleich, und die Quecksilbersäule muß nun wohl vermöge ihres Gewichts herabsinken.

Diesen Versuch hat der Italiener Toricelli, ein Schüler von dem großen Galilei, im Jahr 1643 zuerst angestellt. Noch immer nennt man daher die Röhre Fig. 10. nach ihm die Toricellische Röhre, und den luftleeren Raum über dem Quecksilber *c* die Toricellische Leere.

Kann der Druck der Luft eine Quecksilbersäule auf der Höhe von 27 Zoll erhalten, so könnte er eine Wassersäule auf einer $13\frac{4}{5}$mal größere Höhe, auf einer Höhe von 31 Fuß erhalten, wenn man den Versuch mit Wasser anstellen wollte, weil Wasser ohngefähr $13\frac{4}{5}$mal

leichter ist als Quecksilber. Wirklich haben diesen Versuch, der allerdings mit Beschwerlichkeiten verknüpft ist, schon vor 80 Jahren die Leipziger Mathematiker Sturm und Hausen angestellt. Sie füllten eine ohngefähr 40 Fuß lange Röhre mit Wasser, kehrten diese eben so, wie jene Glasröhre um, und brachten das offene Ende auch eben so unter Wasser. Das Wasser sank nun in der Röhre herab, blieb aber bis auf einer Höhe von ohngefähr 31 Fuß stehen.

Jetzt nahm Herr Waltersdorf eine etwa 3 Fuß lange ziemlich weite an beyden Enden offene Glasröhre. Er setzte das eine Ende fest auf die flache Hand und ließ so die Röhre mit Wasser füllen. Dann verschloß er mit der andern Hand auch die andere Oeffnung, setzte das eine Ende sammt der Hand unter Wasser, und zog nun erst diese Hand hinweg. Die ganze Wassersäule blieb in der Röhre stehen. Nahm er aber die andere Hand von der andern Oeffnung hinweg, so sank die Wassersäule augenblicklich herunter. Er füllte auch

ein hohes sehr weites gläsernes Gefäß mit (wenigstens 80 Pfund) Wasser. Er kehrte dieses Gefäß unter Wasser um, so daß die Oeffnung unter der Wasserfläche blieb. Auch hier erhielt der Druck der äußern Luft das Wasser auf der ganzen Höhe in dem Gefäße, und würde es darauf erhalten haben, wenn auch das Gefäß 30 bis 31 Fuß hoch gewesen wäre, und das Gewicht des Wassers Millionen Pfund betragen hätte.

Aber warum müssen bey allen diesen Experimenten die offenen Enden der Röhren und Gefäße immer unter Quecksilber oder Wasser stehen? fragte Ferdinand. Ich denke, es müßte einerley seyn, ob die äußere Luft gleich unmittelbar unter die Flüssigkeit in der Röhre und in dem Gefäße drückt, oder auf die Flüssigkeit, womit die Mündung der Röhre und des Gefäßes gesperrt ist!

Das wäre freylich einerley, erwiederte Herr Waltersdorf; wenn man aber die Mündung weiter Röhren und Gefäße nicht auf jene Art sperrte, so

würde sich die Luft zwischen der Flüssigkeit und zwischen den Wänden des Gefäßes hinaufdrängen, sie würde dann auch von oben drücken und die Flüssigkeit müßte wohl herabsinken. Fülle ich eine sehr enge Röhre oder ein weites Gefäß, das unten eine sehr kleine Oeffnung hat, mit Quecksilber oder mit Wasser und kehre sie so um, wie oben, so brauche ich die untere Oeffnung nicht zu sperren; weil nun die Luft nicht an den Wänden heraufsteigen kann, um von oben zu drücken. Dies wirst du auch sehr deutlich an folgenden Experimenten wahrnehmen.

Herr Waltersdorf holte erst den sogenannten Stechheber, eine kurze Röhre (von Glas oder Blech) oben mit einer weitern, unten mit einer engen Mündung, wie Fig. 13. Taf. II. herbey. Er füllte das Instrument mit Wasser, verschloß die weite Oeffnung *a* mit dem Finger und zog es nun aus dem Wasser heraus. Das Wasser lief erst dann aus der engen Mündung *b* heraus, als Herr Waltersdorf den

Finger von *a* hinweggezogen hatte. Nun erst konnte die Luft von oben drücken. Bekanntlich braucht man einen solchen Stechheber sehr nützlich, um eine kleine Quantität Wein aus einem Fasse zu ziehen. Man taucht ihn in die Flüssigkeit, hält dann die obere Oeffnung zu und zieht ihn so mit der Flüssigkeit heraus. So tief das Instrument in der Flüssigkeit stand, so hoch steht auch die Flüssigkeit in dem Instrumente. Befindet sich noch Luft über der Flüssigkeit, so ist diese wegen ihrer unbedeutenden Höhe doch nicht im Stande, die Flüssigkeit aus der engen Röhrenmündung herauszudrücken. Erst wenn *a* Fig. 13. geöffnet wird, sinkt die Flüssigkeit in das untergehaltene Gefäß.

Hierauf gründet sich ferner die Wirkung des sogenannten Siebes der Vestalin, des magischen Dintenfasses und der magischen Schreibfeder, des magischen Trichters oder Zaubertrichters, des Oehlkruges der Witwe, und des Zauberbrunnens.

Das Sieb der Vestalin ist ein weites Gefäß *b*, Fig. 12. Taf. II., welches mit einer Röhre *a* communicirt. Der Boden des Gefäßes *b* hat eine Menge kleiner Löcher, wie ein Sieb oder Durchschlag. Füllt man das Gefäß mit Wasser und hält man, ehe es aus dem Wasser gezogen wird, die Oeffnung *a* mit dem Finger zu, so läuft kein Wasser aus den Löchern des Bodens. Dies geschieht nur dann, wenn man den Finger von *a* hinwegthut.

Das magische Dintenfaß besteht aus zwey Theilen, aus einem Gefäße *c* Fig. 2. Taf. III. und aus einem hohlen Cylinder *b*, der blos eine kleine Oeffnung unten in der Mitte des Bodens und eine kleine Oeffnung zur Seite hat. Füllt man den Cylinder mit irgend einer Flüssigkeit, z. B. mit Dinte, und hält man die Seitenöffnung zu, so kann die Flüssigkeit nicht zu der Bodenöffnung herauslaufen. Läßt man nun das, was der Finger thut, durch einen Ring *d* des erst genannten Gefäßes verrichten (natürlich muß die

Seitenöffnung *b* genau an den Ring anschließen), so läuft ebenfalls nichts aus dem Cylinder. Will man aber einen Theil der Flüssigkeit in das Gefäß *c* hineinlaufen lassen, so lüftet man die Seitenöffnung *b* nur ein wenig; die Flüssigkeit läuft dann so lange in das Gefäß *c*, bis man die Seitenöffnung wieder genau durch den Ring *d* verschließt. Auf diese Art hat man es in der Gewalt, so viel Dinte in das Gefäß *d* hineinlaufen zu lassen, als man will.

Die magische Schreibfeder ist eine gewöhnliche Feder mit einem kleinen Dintenbehältniß über der Spalte. Das Dintenbehältniß hat unten eine so kleine Oeffnung, daß die Dinte daraus nicht von selbst herunterlaufen kann. Nur durch Schütteln stößt man jedesmal einen Tropfen hindurch, welcher in die Spalte fließt. Auf Reisen sind solche Federn sehr bequem, weil man dazu keines eignen Dintenfasses bedarf.

Der magische Trichter, welchen man zum

zweyten Male kann laufen lassen, auch wenn man keine Flüssigkeit mehr in ihm sieht, oder woraus man erst Wasser, dann Wein, oder umgekehrt erst Wein, dann Wasser kann laufen lassen, verdankt seine Wirkung eben denselben Ursachen. Er ist nämlich doppelt, wie Fig. 3. Taf. III. Aber der Raum zwischen seinen beyden Wänden hat blos durch zwey kleine Löchelchen, das inwendige *b* und das äußere *a* unter dem Oehre, Gemeinschaft mit dem inwendigen Raume, womit man die Flüssigkeit schöpft. Taucht man diesen Trichter in Wasser, so füllt sich nicht blos der gewöhnliche inwendige Raum, sondern auch (aber etwas langsamer) der innere Raum zwischen den Doppelwänden, wobey das Wasser in die Oeffnung *b* eintritt und die Luft aus der Oeffnung *a* heraustreibt. Hält man nun die Oeffnung *a* unter dem Oehre mit einem Finger zu, so kann nur das Wasser aus dem gewöhnlichen inwendigen Raume herauslaufen, und der ganze Trichter scheint leer zu seyn. Nimmt man aber den Finger von der Oeffnung

a hinweg, so drückt die Luft auch von oben auf die Flüssigkeit zwischen den Doppelwänden, und treibt sie unten zu der Oeffnung *b* heraus. Der Trichter läuft also noch einmal. Taucht man den Trichter erst in Wein und füllt seine in beyden Räumen damit, läßt man darauf, unter fortwährendem Verschließen der Oeffnung *a*, den Wein aus dem inwendigen Raume wieder herauslaufen, und füllt diesen Raum wieder mit Wasser, so kann man erst Wasser, dann Wein aus dem Trichter herauslaufen lassen. Und so könnte man durch drey, auch wohl durch mehr mit einander communicirende Räume, nach und nach drey oder mehr verschiedenartige Flüssigkeiten aus dem Trichter herauslaufen lassen.

Mit dem sogenannten Oehlkruge der Wirwe Fig. 4. hat es ganz dieselbe Bewandniß. Auch hat er ganz dieselbe Einrichtung wie der magische Trichter. So lange man die Oeffnung *a* an dem gefüllten Kruge zuhält, läuft blos die Flüssigkeit aus dem in=

wendigen Raume. Nimmt man den Finger vor der Oeffnung *a* hinweg, so läuft das zwischen den Doppelwänden befindliche Fluidum aus der Oeffnung *b* in den inwendigen Raum und von da aus dem Kruge selbst.

Sehr artig ist der Zauberbrunnen Fig. 6. Taf. III., der in abgesetzten Zwischenräumen läuft. Er besteht aus zwey hohlen Gefäßen (von Blech) A und B, die durch eine Röhre *a b* mit einander vereinigt sind. Die Röhre sitzt an dem obern Gefäße A fest und geht auch durch dasselbe hindurch bis nahe unter die Decke *b*. Das untere Gefäß B hat in der Mitte seiner beckenförmigen Oberfläche ein kurzes Röhrenstück, über welches die Röhre *a b* mit ihrem einen Ende *a* fest angeschoben wird. Ehe letzteres geschieht, füllt man erst das obere Gefäß A durch die Röhre *a b*. Ist es voll, so kehrt man es um, und vereinigt es auf die beschriebene Art mit dem untern Gefäße. Eine Seitenöffnung *a* befindet sich unten an der Röhre nahe an dem

Becken des untern Gefäßes. Durch diese Oeffnung steigt Luft in der Röhre hinauf und drückt oben auf das Wasser, welches nun durch mehrere in dem Boden des obern Gefäßes befindliche Löcher herausläuft. Aber bald sammlet es sich unten in dem Becken so hoch an, daß die Seitenöffnung davon bedeckt wird. Alsdann kann keine Luft mehr in der Röhre hinaufsteigen, und das obere Gefäß hört auf zu laufen. In dem Becken ist jedoch ebenfalls eine kleine Oeffnung, durch welche das Wasser in das untere Gefäß eindringen kann, aber freylich nicht in der Menge als es von oben in das Becken läuft. Ist so viel in das untere Gefäß hineingelaufen, daß die Seitenöffnung *a* wieder frey geworden ist, so läuft auch der Brunnen wieder. Steht die Seitenöffnung wieder ganz unter Wasser, so hört dies Laufen wieder auf; und so geht das Spiel des Brunnens beständig fort, so lange noch Wasser in dem obern Gefäße A sich befindet. Beobachtet man die Seitenöffnung, wie sie nach und nach von

Wasser bedeckt wird, und wie sie allmälig durch das Ablaufen des Wassers in das untere Gefäß wieder von Wasser befreyt wird, so kann man den Brunnen aufs Commando laufen lassen.

Leicht zu begreifen ist nun auch der Nutzen des Spundloches in einem Fasse, des kleinen Löchelchens in dem Deckel einer Kaffee- Thee- und Milchkanne u. d. gl. Ohne diese Löcher würde die Flüssigkeit entweder gar nicht, oder nicht gehörig auslaufen können.

Füllt man ein Trinkglas mit Wasser, legt dann ein Stück steifes Papier (z. B. Schreibpapier) auf die Mündung, drückt dies Papier mit der Hand an, wie Fig. 5. Taf. III., und kehrt es dann um, so kann man die Hand unter dem Papiere hinwegthun, und das Wasser drückt nicht das Papier herunter, um etwa selbst auszufließen. Der Druck der äußern Luft hält es; das Papier thut nur dasselbe, was in andern Fällen Wasser thut, womit man die Mündung eines wei-

ten Gefäßes sperrt; es verhütet, daß keine Luft sich an der Wand des Glases hinaufdränge. Das Glas könnte übrigens 30 bis 31 Fuß tief seyn; das Papier würde dieselbe Erscheinung bewirken.

Von allen diesen Kenntnissen des bestimmten Drucks der Luft gaben eigentlich die Wasserpumpen und zwar die sogenannten Saugpumpen die erste Veranlassung. Eine solche Pumpe hat folgende Einrichtung. In einer cylindrisch ausgebohrten Röhre AA Fig. 1. Taf. III. bewegt sich an einer Stange *b a* der Kolben *b* auf und nieder, welcher, mit Leder umgeben, genau an die Röhrenwand anschließt. A der Röhre AA ist noch eine andere Röhre B, die sogenannte Saugröhre, angebracht, deren untere Mündung *e* im Wasser steht. Bey *d* befindet sich ein Ventil, etwa ein Kegelventil wie Fig. 11. Taf. II., welches sich aufwärts öffnet. Ein solches Ventil ist auch in der Mitte des Kolbens. Gesetzt, der Kolben *b* stehe nahe am Bodenventile *d*, und nun ziehe man den Kolben

von da in der Röhre hinauf. Es entsteht dann unter dem Kolben ein luftleerer Raum. In diesen drängt sich sogleich das Wasser, nachdem es das Bodenventil aufgestoßen hatte; eigentlich wird es, wie wir wissen, von der äußern Luft hineingedrückt. Vor der Entdeckung des Toricelli wußte man sich dieses Phänomen gar nicht zu erklären. Die Natur verabscheuet den leeren Raum, war Alles was man von dem Aufsteigen des Wassers in den luftleeren Raum wissen wollte; und dies war doch so viel wie gar nichts. Erst dann dachte man ernstlicher über diese Erscheinung nach, als italienische Röhrenmeister wahrnahmen, daß das Wasser in den luftleeren Raum der Pumpe nie höher steigen konnte als 30 bis 32 Fuß; und glücklich löste nun Toricelli jene Aufgabe.

Leicht erklärt man sich nun auch jedes Saugen, das Trinken, das Tabacksrauchen und alle ähnliche Erscheinungen. Erweitert man Lunge und Brust, so bildet man luftleere Räume; diese werden

aber augenblicklich von der anliegenden Luft ausgefüllt, die sich wieder in's Gleichgewicht zu setzen sucht. Die ganze Luft in den Höhlen ist also nun eine verdünnte Luft, in welche die äußere Luft wieder eine Flüssigkeit hineindrücken kann. Bey dem Tabacksrauchen wird durch das Saugen auch die Luft in der Pfeifenröhre verdünnt, und die äußere Luft drückt dann den Rauch in diese Röhre hinein. Bey jeder Spritze, die mit der Mündung ihrer Kolbenröhre in Wasser steht, macht der emporgezogene Kolben einen leeren Raum, in welchen von der äußern Luft das Wasser gedrückt wird. Durch das Hinunterpressen des Kolbens drückt man hernach die Wassersäule wieder heraus.

Sehr interessant war noch folgender Versuch, den Herr Waltersdorf anstellte. Er nahm eine ziemlich weite Glasröhre, Fig. 7. Taf. III., die an beyden Enden offen, an dem obern aber mit einem Ventile verschlossen war, das sich aufwärts öffnete. Er bewegte diese Röhre stoßweise so im Wasser auf und

nieder, daß die untere Mündung stets unter der Wasserfläche blieb. Was geschah! das Wasser stieg schnell in der Röhre empor und lief oben zu der Röhre heraus. Durch das Auf- und Niederstoßen wurde nämlich eine Luftsäule nach der andern durch das Ventil zu der Röhre hinausgejagt. In der Röhre entstanden folglich ununterbrochen luftleere Räume, und deswegen konnte die äußere Luft das Wasser in der Röhre hinaufdrücken. Dies hätte sie, wie wir wissen, bis auf eine Höhe von 30 bis 32 Fuß zu thun vermocht. — Trefflich würde sich diese Vorrichtung im Großen anwenden lassen, um eine beträchtliche Quantität Wasser schnell aus irgend einem Orte hinwegzuschaffen. Nur müßte man zur Bewegung einer großen und weiten Röhre Kraft genug haben, am besten eine mechanische Vorkehrung zum Auf- und Niederstoßen der Röhre.

Neunzehntes Kapitel.

Vom Barometer.

Wenn man die toricellische Röhre Fig. 10. Taf. II, worin eine 27 Zoll hohe Quecksilbersäule mit dem Drucke der Luft balancirt, längere Zeit hindurch beobachtet, redete Herr Waltersdorf am nächsten Tage weiter, so wird man finden, daß das Quecksilber nicht immer auf einerley Höhe stehen bleibt; bald steigt es höher, bald sinkt es. Der Druck der Luft ist also veränderlich, bald stärker, bald schwächer. Stellte man die ganze Vorrichtung Fig. 10. an ein vertikales Bret, so könnte man an dem Brete längs der Röhre herunter Abtheilungen von Zollen und Linien an-

bringen, und dann wäre man im Stande, das Steigen und Fallen des Quecksilbers in der Röhre in Zollen und Linien anzugeben. So hätte man das nützliche Instrument, welches Barometer oder Baroskop (Schwermesser oder Elasticitätsmesser der Luft) genannt wird. Man nennt es auch wohl Wetterglas, weil das plötzliche Fallen und Steigen desselben oder die plötzliche Veränderung des Drucks der Luft auch wohl eine baldige Veränderung in der Witterung anzuzeigen pflegt. Ist nämlich eine Zeit lang recht gutes Wetter gewesen, und das Barometer (das Quecksilber *c* in der Röhre Fig. 10.) fängt auf einmal an zu fallen und bleibt im Fallen, so darf man wohl schließen, die Elasticität der Luft ist durch Wasserdünste vermindert worden; und dieses würde auf baldigen Regen deuten. Hat man hingegen eine Zeit lang Regenwetter gehabt, und das Barometer steigt auf einmal immer höher und höher, so kann man auf

eine Zunahme der Luftelasticität, folglich auf eine Abnahme jener Dünste schließen.

Wenn man eine Skale mit Zollen und Linien an die Barometerröhre Fig. 10. anbringen will, so muß man diese Abtheilungen von der Oberfläche des Quecksilbers in dem Gefäße A an hinaufwärts rechnen. Der Nullpunkt der Skale befände sich also genau in jener Oberfläche des Quecksilbers. Es ist aber nicht nöthig die ganze Skale an das Bret zu zeichnen, sondern an den gewöhnlichen Barometern etwa nur vom 26sten Zolle an bis zum 29sten Zolle. Denn tiefer als 26 Zoll fällt bey uns nie das Quecksilber in der Röhre, und höher als 29 Zoll steigt es auch nie bey uns. Uebrigens kann man die Skale auf Papier zeichnen, das man oben bey *c* an das Bret geklebt hat, oder man kann sie auf Metallplatten stechen, die man an das Bret befestigt.

Sinkt das Quecksilber in der Röhre, z. B. um einen Zoll, so dringt natürlich so viel Quecksilber,

als in einem Zoll der Röhre enthalten ist, in das Gefäß A. Dieser Theil Quecksilber verbreitet sich in dem Gefäße. Ist daher das Gefäß nicht weit, so bekommt das Quecksilber darin einen höhern Stand als vorher, und der Nullpunkt der Skale liegt nun nicht mehr in der Quecksilberfläche, sondern unter derselben. Durch bloßes Hinblicken auf die Skale könnte ich dann nicht mehr die Quecksilbersäule bestimmen, welche mit dem Drucke der äußern Luft das Gleichgewicht hält; ich müßte allemal erst wieder die Höhe der Quecksilbersäule messen, von der Quecksilberfläche in dem Gefäße A an, bis zu dem obern Theile des Quecksilbers *c* in der Röhre. Und dann würden begreiflich Zolle und Linien auf andere Stellen der Skale treffen. Ich könnte zwar sagen: das Quecksilber ist um einen Zoll gefallen; aber die Höhe der Quecksilbersäule wäre doch nicht völlig um einen Zoll vermindert worden. Steigt das Quecksilber in der Röhre z. B. um einen Zoll, so drückt die Luft noch so viel Quecksilber aus dem Ge-

fäße A in die Röhre, das Gefäß A verliert also diesen Theil Quecksilber, und wenn der Mittelpunkt der Skale vorher genau die Quecksilberfläche berührte, so wird jetzt dieser Punkt über der Quecksilberfläche stehen. Man könnte also wieder nicht durch bloßes Hinblicken auf die Skale die Höhe der Quecksilbersäule angeben, welche mit dem Drucke der Luft balancirt; man müßte erst wieder, von der Quecksilberfläche aus, Zolle und Linien an der Röhre hinauftragen. Wenn indessen das Gefäß A recht weit ist, so kann darin ein kleiner Zusatz oder ein kleiner Verlust an Quecksilber keinen merklichen Unterschied in der Höhe der Quecksilberfläche machen, und dann darf man immerhin annehmen, man habe ein richtiges Barometer.

Diese Art von Toricellischem Barometer, Taf. II. Fig. 10. hat nur die Unbequemlichkeit, daß man es nicht gut an ein Bret befestigen und nicht gut ohne Verschüttung des Quecksilbers von einem Orte zum andern bringen kann. Deswegen läßt man oft Röhre und Gefäß aus

einem Stücke bestehen. Unten ist die Röhre aufwärts gekrümmt, und an ihrem Ende trägt sie das kugelartige offene gläserne Gefäß. Man nennt solche Barometer, wie Fig. 1. Taf. IV., Gefäßbarometer oder Kapselbarometer. *a* ist die obere Fläche der Quecksilbersäule in der Röhre, *b* die Quecksilberfläche im Gefäße. Denkt man sich eine waagrechte Ebene von *b* bis an die Röhre, so bezeichnet sie an der Röhre den Nullpunkt oder Anfangspunkt der Skale, oder auch die Grundfläche der Quecksilbersäule, welche mit dem Drucke der Luft das Gleichgewicht hält. Da das Gefäß dieses Barometers gewöhnlich nicht so groß ist, als das Gefäß bey dem beschriebenen toricellischen Barometer, so sind an ihm die oben gerügten Fehler noch merkbarer.

Besser und genauer sind die Heberbarometer, welche der berühmte Physiker de Lüc in London so sehr empfohlen hat. Die Röhre ist in zwey gleich weite Schenkel, Fig. 2. Taf. IV. gebogen. Der kurze

Schenkel ist offen. *a* ist der obere Quecksilberstand im längern Schenkel (der eigentlichen Barometerröhre), *b* der untere Quecksilberstand im kürzern Schenkel. Da das Quecksilber in dem kurzen Schenkel so viel steigt, als es in dem längern fällt, und umgekehrt, in dem kurzen so viel fällt, als es in dem längern steigt, so mußte man sowohl dem längern Schenkel bey *a*, als auch dem kürzern bey *b* eine Skale geben. Ist die Röhre an das Bret befestigt, so macht man auf denselben einen horizontalen Strich *c d*, und zwar in einer Gegend des längern Schenkels, bis zu welcher das Quecksilber nie fallen, und in einer Gegend des kürzern, bis zu welcher das Quecksilber nie steigen kann. Dieser Strich bezeichnet den Nullpunkt der beyden Skalen. Von ihm nämlich sind Zolle und Linien an den langen Schenkel hinauf, und an den kurzen hinunter getragen worden. Die Zolle und Linien bis an die Quecksilberfläche im langen und im kurzen Schenkel zusammengenommen (addirt) machen folglich die jedes-

malige Höhe der Quecksilbersäule aus, welche mit dem Drucke der Luft balancirt.

Ein gutes Barometer erfordert eine gute nicht zu enge und wo möglich gleich weite Röhre, und sehr reines Quecksilber. Die toricellische Leere muß durchaus luftleer seyn; auch die Quecksilbersäule darf zwischen sich gar keine Luftbläschen enthalten. Deswegen kocht man die Barometer aus, d. h. man erhitzt sie sehr stark, aber mit großer Vorsicht in eisernen Pfannen, in deren Rinnen man die Röhren legt, und treibt dadurch noch alle Luft heraus, die darin befindlich seyn könnte. Auch die Abtheilungen auf der Skale müssen sehr genau seyn.

Will man nun den Barometerstand beobachten, so bringt man das Auge genau an die Quecksilberfläche in der Röhre. Man ist denn wohl im Stande, durch das bloße Augenmaaß halbe und viertel Linien zu unterscheiden. An vorzüglich guten Barometern ist die Linie wohl noch durch sehr feine Striche

in 12, wenigstens in 6 oder 5 gleiche Theile getheilt, wenn man dies nicht durch andere mechanische Vorkehrungen, die ich jetzt nicht beschreiben will, zu bewerkstelligen gesucht hat.

Damit Ferdinand aber doch sähe, wie man einzelne Zolle und Linien an dem Barometer bemerkbarer machen kann, so zeigte ihm Herr Waltersdorf noch das Radbarometer des Engländers Hook, Fig. 3. Taf. IV. Dieses Barometer ist, sagte er, ein gewöhnliches Heberbarometer. *a* ist der obere Stand des Quecksilbers im längern Schenkel, *b* der Stand des Quecksilbers im kürzern offenen Schenkel. Auf letzterm Quecksilber schwimmt ein kleines Gewicht (etwa ein kleines Fläschchen mit Quecksilber). An dem Gewicht ist ein dünner Faden angebracht, der lothrecht in die Höhe über eine kleine sehr leicht bewegliche Rolle *d* geht, und an seinem Ende ein kleines Gegengewicht *c* hat. Der eine Zapfen der Rolle geht durch die Mitte eines Zieferblatts; und über demselben trägt er ei-

nen etwas langen aber dünnen Zeiger. Gesetzt, der Zeiger stehe auf 25, etwa wenn die Höhe der Quecksilbersäule, die dem Drucke der Luft correspondirt, 25 Zoll beträgt. Steigt nun das Quecksilber in dem langen Schenkel der Röhre, z. B. um einen Zoll, so sinkt es in dem kurzen, so sinkt auch das kleine Gewicht *b*; das Röllchen dreht sich herum, folglich auch der Zeiger, nach 26. Sinkt hingegen das Quecksilber in dem langen Schenkel, etwa um einen Zoll, so steigt es in dem kurzen, so steigt auch das Gewicht *b*, und das Röllchen dreht sich durch Hülfe des Gegengewichts *c* nach der andern Seite zu um, mithin auch der Zeiger, nach 24. Der Raum von 25 nach 26 oder nach 24, welcher auf einen Zoll Steigen oder Fallen des Quecksilbers hindeutet, ist viel größer als ein Zoll; er kann also in eine viel größere Anzahl Theile, welche Linien und Theile von Linien bedeuten, getheilt werden, als ein wirklicher Zoll an der Röhre *a*. — Fehler, welche man an diesem Barometer auffinden

könnte, wären: der Druck des kleinen schwimmenden Gewichts *b*, und die Reibung an dem Zapfen des Röll-chens *d*. Der Engländer Coxe verfertigte ein ähnliches, sehr großes Barometer, welches 200 Pfund Quecksilber enthielt und durch sein Steigen und Fallen eine Pendeluhr aufzog.

Die Oeffnung des Barometers, durch welche die Luft auf das Quecksilber drückt, kann, um den Staub abzuhalten, bis auf einen kleinen Theil auch verschlossen seyn. Denn um mit der Quecksilbersäule zu balanciren, kommt es nicht auf die Menge der drükkenden Luft, sondern blos auf ihre Höhe an, und diese bleibt sich ja immer gleich, wenn sie auch nur eine kleine Oeffnung findet, durch welche sie auf das Quecksilber wirken kann. Es hat hier mit den Luftsäulen und mit dem Drucke der Luft ganz dieselbe Bewandniß, wie mit den Wassersäulen und dem Drucke des Wassers z. B. bey dem anatomischen Heber des

Wolf Taf. I. Fig. 7., und dem Blasebalge des s'Gravesande Fig. 9.

Da die Luft sehr fein ist, so braucht sie auch nur sehr kleine Oeffnungen, um aus einem Raume in einen andern überzuströmen, wenn ja in beiden Räumen noch nicht das Gleichgewicht der ausdehnenden Kraft statt fände. Man hängt deswegen die Barometer in die Zimmer nahe vor das Fenster, und nimmt an, die Instrumente bemerken die Größe des Luftdrucks eben so, als wenn sie außerhalb des Zimmers in freyer Luft hingen, weil die äußere Luft mit der Zimmerluft vermöge der Ritzen und Oeffnungen der Fenster in steter Verbindung ist.

Sobald sich in irgend einem Raume die Dichtigkeit der Luft ändert, so kann wegen der benachbarten Luft keine Ruhe unter den Lufttheilchen statt finden. Die dichtere Luft strömt so lange in den Raum, der mit dünnerer Luft erfüllt ist, bis sich das Gleichgewicht der Lufttheilchen wieder hergestellt hat. Würde

in einem offenen Gefäße die Luft plötzlich verdünnt, so würde die anliegende dichtere Luft hineinströmen; würde sie plötzlich verdichtet, so müßte die dichtere Luft aus dem Gefäße herausströmen. Wäre das Gefäß, worin diese Erscheinungen vorgehen, verschlossen; so würde im erstern Falle die äussere Luft einen Druck nach Innen auf die Wände des Gefäßes ausüben, im andern Falle die innere Luft einen Druck von Innen nach Außen.

Je höher man sich von der Oberfläche der Erde entfernt, desto dünner wird die Luft. Denkt man sich die Luft über der Erde in eine Anzahl Schichten getheilt, so leiden natürlich die untern Schichten einen Druck von den obern Schichten; die höchsten Schichten leiden den geringsten, die tiefsten den größten Druck. Luft wird also durch Luft zusammengedrückt. Da müssen denn wohl die tiefsten Luftschichten dichter werden, und die Dichtigkeit muß wohl mit der Höhe der Luftschichten immer mehr abnehmen. Wirklich hat dies

auch die Erfahrung bestätigt. Füllt man im Thale eine gläserne Flasche, versiegelt sie, nimmt sie mit auf einen Berg, und öffnet sie da wieder, so strömt mit einem Geräusch Luft aus der Flasche heraus. Denn in der Flasche befand sich Luft aus dem Thale, die dichter war, als die auf dem Berge; jene setzte sich also durch das Herausströmen mit der äußern Luft wieder ins Gleichgewicht. Versiegelt man hernach oben die Flasche wieder, nimmt sie mit in das Thal und öffnet sie daselbst, so dringt die äußere Luft mit einem Geräusch in die Flasche hinein. Denn die Flasche enthielt ja die dünnere Bergluft.

Noch deutlicher sah man diese Abnahme der Luftdichtigkeit an Barometern, womit man auf Berge stieg. Je höher man kam, desto mehr fiel das Quecksilber in der Röhre; denn unmöglich konnte eine dünnere Luft und eine Luftsäule von geringerer Höhe (man war ja der Gränze der Atmosphäre näher gekommen) das Quecksilber in der Röhre auf einer so

großen Höhe erhalten, als unten im Thale. Auf den höchsten Bergen in Peru, z. B. auf dem Cimboras-so, der 18000 Fuß über der Oberfläche des Meeres erhaben ist, steht das Quecksilbtr im Barometer nur 13 bis 14 Zoll hoch, und die Saugpumpen heben da das Wasser nur 15 bis 16 Fuß hoch empor. Folglich ist da die Luft ohngefähr nur halb so dicht als bey uns.

Könnte man im Gegentheil immer tiefer und tiefer in die Erde hineinsteigen, so würde man finden, daß da die Luft immer dichter und dichter wäre. Schon 239460 Fuß unter der Erde würde das Zinn in der Luft schwimmen, 247212 Fuß unter der Erde das Silber, und 251168 Fuß tief das Gold. Man kann dies ziemlich genau und zuverläßig berechnen, weil man weiß: die Dichtigkeit der Luft verhält sich wie die Kraft, mit welcher sie zusammengedrückt wird.

Das Sinken des Quecksilbers im Barometer,

wenn man damit auf Berge steigt, geschieht regelmäßig. Durch vielfältige Erfahrungen ergab sich, daß das Barometer immer um eine Linie fiel, wenn man eine lothrechte Höhe von 75 Fuß erreicht hatte; um zwey Linien, wenn man 2mal 75 Fuß hoch gekommen war ꝛc. Und so befand man sich z. B. umgekehrt auf einer Höhe von 4mal 75 oder 300 Fuß, wenn das Barometer 4 Linien tiefer stand als unten; auf einer Höhe von 12mal 75 oder 900 Fuß, wenn das Barometer um 12 Linien oder 1 Zoll gesunken war; u. s. w. Das Barometer ließ sich demnach trefflich gebrauchen, um Höhen von Bergen, Thürmen u. d. gl. zu messen. Nur bey einer Höhe, die über 6000 Fuß betrug, blieb das Resultat nicht ganz richtig mehr, wenn man es nach jener Erfahrung bestimmte. Es waren dann zur erforderlichen Genauigkeit mehrere Berechnungen nöthig, die hier noch nicht mit beygebracht werden können.

Unsere gewöhnlichen Barometer würden sich nicht

einmal auf ebenen Wegen weit forttragen lassen, ohne Quecksilber und Luft durcheinander zu schütteln, viel weniger auf Bergreisen. Deswegen hat man zu diesem Zweck eigne Reisebarometer verfertigt, welche so eingerichtet sind, daß man das Quecksilber in der Röhre fest sperren und so lange ganz unbeweglich fest erhalten kann, bis man es an Ort und Stelle gebrauchen will. Man vereinigt nämlich die beyden Schenkel an dem gebogenen Theile durch ein Stahlstück oder Elfenbeinstück mit einander. Dieses Stück ist so durchbohrt, daß man die Oeffnung ganz als eine Fortsetzung der Röhrenöffnung betrachten kann. Ein Hahn, der nach der Quere eine eben solche Oeffnung hat, geht durch jenes Stück. Durch Drehung dieses Hahns nach dieser oder jener Seite läßt sich die Röhre unten verschließen, sobald man das Quecksilber aus dem kurzen Schenkel, durch Senkung des Barometers, ganz in die Toricellische Leere hat steigen lassen; oder sie läßt sich öffnen, wenn man das Werk

zeug gebrauchen will, und dann sinkt auch das Quecksilber wieder gehörig herab. Solche Barometer schließt man oft in einen etwas dicken Spatzierstock ein.

Weiß man die Höhe der Quecksilbersäule, welche an irgend einem Orte und zu irgend einer Zeit mit dem Drucke der Luft das Gleichgewicht hält, so kann man auch leicht die Größe des Drucks der Luft berechnen, wie sie auf eine gewisse Fläche statt findet. Ich will annehmen, das Quecksilber im Barometer stehe 28 Zoll hoch. Dann ist der Druck der Luft auf eine Fläche von einem Quadratzoll dem Gewicht einer Quecksilbersäule gleich, deren Grundfläche 1 Quadratzoll und deren Höhe 28 Zoll, oder die genau 28 Kubikzoll beträgt. Rechnet man den Kubikzoll Quecksilber zu $\frac{11}{20}$ Pfund, so beträgt das Gewicht jener Quecksilbersäule, welches dem Drucke der Luft auf einem Quadratzoll Fläche gleich ist, $15\frac{2}{5}$ Pfund. Der Druck der Luft auf eine Fläche von einem Quadratfuß ist folglich dem Gewicht einer Quecksilbersäule

gleich, deren Grundfläche einen Quadratfuß oder 144 Quadratzoll, und deren Höhe 28 Zoll beträgt, oder einer Quecksilbersäule von 4032 Kubikzoll. Diese hätte nun ein Gewicht von 2217$\frac{3}{5}$ Pfund; u. s. w.

Den Druck der Luft auf den Körper eines ausgewachsenen Menschen schätzt man auf 40,000 Pfund. Wir empfinden diesen Druck nicht, weil er von allen Seiten gleichförmig geschieht, und weil er durch die Gegenwirkung der elastischen Flüssigkeiten in den Höhlungen unseres Körpers unaufhörlich balancirt wird. Steigt man, z. B. in einem Luftballon auf eine sehr bedeutende Höhe, folglich in eine sehr verdünnte Luftschicht, so bleiben viele luftförmige Flüssigkeiten in den Höhlungen unseres Körpers, die nicht mit der äussern Luft communiciren, von der gewöhnlichen Dichtigkeit. Da sie nun um den Körper herum nicht mehr einen gleichen Gegendruck empfinden, so drücken sie natürlich von Innen nach Außen zu, und pressen auch wohl Blut und andere tropfbare Flüssigkeiten aus dem Kör-

per heraus. Man erklärt sich demnach leicht die Erscheinung mit Luftschiffern, daß ihnen in hohen Luftschichten das Blut aus den Augen gedrückt wird, daß ihnen die Lippen aufschwellen, daß ihnen der Puls schwer schlägt, u. d. gl.

Zwanzigstes Kapitel.

Vom Heber.

Den folgenden Tag nahm Herr Waltersdorf Röhren von Blech und von Glas, die auf unterschiedliche Art, z. B. wie *a b c* Fig. 8 und 9. Taf. III. gekrümmt waren. Er brachte ihr eines Ende *a* unter Wasser, und zwar so, daß das heraushängende Ende tiefer lag, als die Oberfläche des Wassers in dem Gefäße A. Wenn er nun die Röhre, welche Heber genannt wird, durch Saugen an *c* füllte, so lief nicht

blos das in der Röhre, sondern auch das in dem Gefäße A befindliche Wasser so lange aus *c* ab, so lange *c* oder *f* tiefer lag, als die Oberfläche des Wassers in dem Gefäße und so lange *a* nicht über diese Wasserfläche trat. Reichte das Ende *a* bis an den Boden des Gefäßes, und lag *c* tiefer als dieser Boden, so zog alles Wasser aus dem Gefäße durch die Röhre ab.

Man kann die Röhre viel länger, und den innern Raum so weit machen als man will, sagte Herr Waltersdorf; sie wird unter jenen Bedingungen, wenn sie einmal gefüllt ist, sehr schnell eine Menge Wasser aus einem Behältnisse in das andere überziehen. Es darf aber auf keinem Fall die senkrechte Höhe *b d*, *b e*, u. s. w. über 31 bis 32 Fuß betragen. Auch kann das Füllen einer so weiten Röhre begreiflich nicht durch Saugen verrichtet werden. Man müßte dies mit einem Trichter verrichten, den man in eine verschließbare Oeffnung bey *b* steckt, nachdem man die untern Mündungen *a* und *c* durch Schieber verschlossen hatte.

Wäre nun der Heber voll und die Oeffnung bey *b* ebenfalls wieder (durch eine Schraube) verstopft, so müßte man erst den Schieber *a* und dann den Schieber *c* öffnen. Der Heber würde dann so lange fortlaufen, als die bewußten Bedingungen insgesammt fortdauern.

Ehedem glaubte man fälschlich, der herabhängende Schenkel des Hebers müßte nothwendig größer seyn, als der in dem Wassergefäß befindliche. Reisel in Stuttgart zeigte zuerst, daß der Heber auch gleich lange Schenkel haben könne, um obige Wirkungen hervorzubringen, daß nur auch hier (was freylich nicht so bequem zu erreichen ist) die auslaufende Mündung *c* tiefer liegen müsse, als die Oberfläche des auszuziehenden Wassers. Ihm zu Ehren hat man daher den gleichschenklichten Heber, Reiselischen Heber oder Wirtembergischen Heber genannt. Das Ausziehen des Wassers mit dem Heber kann unter jenen Bedingungen sogar geschehen, wenn der herabhängende Schenkel kürzer als der inwendige ist. — So-

bald die Mündung *c* eben so tief liegt als die Oberfläche des Wassers in dem Gefäße, so hört der Heber auf zu laufen; wenn er höher liegt, so läuft das Wasser nach der Richtung *c b a* in das Gefäß zurück.

Häufig wendet man den Heber mit vielem Nutzen an, um Wein, Bier, Oehl oder eine andere Flüssigkeit aus einem Gefäße ins andere überzuziehen. Zu diesem Behuf kann der Doppelheber Fig. 4. Taf. IV. vorzüglich gut gebraucht werden, weil er die Bequemlichkeit gewährt, daß beym Saugen nichts von der Flüssigkeit in den Mund kommt. *a b* ist der kurze Schenkel dieses Hebers, den man in die Flüssigkeit taucht; *b c* ist der längere Schenkel, von welchem der saugende Schenkel *d e* etwas schräg in die Höhe geht. Die Mündung des herabhängenden längern Schenkels hält man während des Saugens mit einem Finger zu; erst wenn der Heber voll ist, thut man den Finger hinweg, um die Flüssigkeit hindurchziehen zu lassen.]

Den sogenannten Vexirbecher Fig. 5. Taf. IV.,

worin unten eine Ausflußröhre *c* befindlich ist, mag man anfangs mit Wasser füllen; es läuft kein Tropfen heraus. Erst wenn das Wasser bis auf einer gewissen Höhe steht, fängt es an zu laufen und Alles läuft dann heraus, was in dem Becher befindlich ist. Es steckt nämlich ein kleiner Heber *a b c* in dem Becher, dessen kleiner Schenkel unten am Boden eine kleine Oeffnung *a* hat; die Ausflußröhre *c* ist das Ende des längern Schenkels. Das Wasser tritt durch die Oeffnung *a* in den kurzen Schenkel; aber erst nach geschehenem Anfüllen des ganzen Bechers ist der ganze Heber gefüllt, und alles Wasser läuft dann aus *c* ab.

Die Sonnenfontaine Fig. 8. Taf. IV. ist ein Heber, dessen längerer Schenkel umgebogen ist, und einen hohlen Ring B mit mehreren kleinen Löchern enthält. Wird der kurze Schenkel in das Wassergefäß A gestellt, und saugt man an dem Ringe B den Heber voll, so springt das Wasser wie ein Stern aus dem Ringe B heraus.

Legt man das eine Ende eines Streifens Löschpapier in ein volles Wasserglas, und läßt man das andere Ende desselben in ein tiefer stehendes leeres Glas hineinhängen, so zieht das Wasser aus jenem Glase durch das Löschpapier in das leere Glas. An diesem Versuche sieht man zu gleicher Zeit die Wirkung der Haarröhrchenkraft und die Wirkung des Hebers.

Die Wirkung des Hebers ist auch Ursache, warum gewisse Brunnen und Seen, z. B. der Cirknitzer See in Krain, bey anhaltendem Regenwetter trocken werden. Es finden sich nämlich in der Erde manche natürliche Kanäle, wie z. B. *c d e* Fig. 9. Taf. IV. Die eine Mündung *c* dieses Kanals hat mit einem Teiche oder See Gemeinschaft. B kann ein Berg und C eine Stelle seyn, wo die andere Mündung *e* des Kanals liegt. Die Stelle C ist niedriger als A, und *d* ist der höchste Punkt des heberförmigen Kanals. Regnet es nun mäßig, so steigt das Wasser in A und in dem Schenkel *c d* allerdings höher; aber erst wenn A

sehr voll ist, so daß die Wasserfläche über *d* reicht, wird auch der Heber ganz angefüllt, und dann läuft, vorausgesetzt, daß *c* nahe am Boden des Teiches oder Sees liegt, alles Wasser aus demselben und zieht sich durch *c d e* nach C hin.

Worin liegt nun aber der Grund von allen diesen Wirkungen des Hebers? — Wenn wir den Heber, Fig. 8 und 9. Taf. III. betrachten, so sehen wir leicht ein, daß der Druck der Luft auf beide Oeffnungen des Hebers als gleich anzunehmen ist. Der Gegendruck der Wassersäulen aber ist ungleich. Bey Fig. 8. stellt *b d* (wenn das Gefäß voll Wasser ist) die Höhe der einen Wassersäule, *b f* die Höhe der andern in dem heraushängenden Schenkel vor; bey Fig. 9. *b d* die Höhe der einen, *b f* die Höhe der andern Wassersäule. Natürlich muß nun aus dem Schenkel, der die höchste Wassersäule hat, ein Theil Wasser heraussinken. In die Stelle dieses Theils tritt augenblicklich ein anderer; daher muß oben bey *b* ein luftleerer Raum entstehen,

der aber sogleich, wenn seine Höhe über der Wasserfläche nicht mehr als 30 oder 31 Fuß beträgt, wieder von Wasser ausgefüllt wird, das der Druck der äussern Luft hinaufpreßt. Auf diese Art dauert das Laufen beständig fort, und kann nur aufhören, wenn die Wasserfläche eben so tief liegt, als die Mündung c des äußern Schenkels, weil dann der Gegendruck der beiden Wassersäulen einander gleich ist, und wenn a nicht mehr unter Wasser liegt.

Ein und zwanzigstes Kapitel.

Von der Ausdehnung und Verdünnung der Luft durch Wärme.

Herr Waltersdorf zeigte jetzt eine verschlossene Blase, die nicht ganz voll Luft war, sondern noch Falten hatte. Er hielt sie über glühende Kohlen, und

bald schwellte sie so auf, daß alle Falten hinweggingen. Nun nahm er eine gläserne Röhre, woran eine hohle Kugel geblasen war, wie Fig. 6. Taf. IV. Er hielt die Kugel gleichfalls über die Kohlen, und als sie etwas heiß geworden war, tauchte er die Mündung der Röhre schnell unter Wasser. Plötzlich stieg nun ein Theil des Wassers in der Röhre hinauf, wenn er die Kugel mäßig erhitzt hatte, etwa bis an *a*, und wenn er sie stark erhitzt hatte, bis in die Kugel hinein.

Wärme, fuhr er fort, dehnt daher die Luft aus. Ist sie in ein Gefäß eingeschlossen, das gar keine Oeffnung hat, so wirkt sie vermöge ihrer ausdehnenden Kraft auf die Wände des Gefäßes. Sind diese, wie bey der Blase nachgiebig, so nimmt die Luft ein größeres Volumen ein, und wird folglich verdünnt. Hat das Gefäß, wie an der Röhre Fig. 6. Taf. IV. eine Oeffnung, so geht ein großer Theil der ausgedehnten Luft hinweg, und kann nicht wieder zurückkehren, wenn man die Oeffnung augenblicklich ver-

schließt. Nach geschehenem Erkalten zieht sich die übrigbleibende Luft wieder in einen engern Raum zurück. Es entstehen also in dem Gefäße luftleere Räume, wodurch der Druck der äußern Luft das Uebergewicht bekommt. Schließt die Oeffnung, wie bey den Schröpfköpfen, worin man die Luft durch ein untergehaltenes Licht verdünnt, genau an einen festen Körper an, so muß das Gefäß durch den Druck der äußern Luft wie angeklebt fest daran sitzen. Ist die Oeffnung unter Wasser, oder unter einer andern tropfbaren Flüssigkeit so wird diese Flüssigkeit mit Gewalt hineingetrieben, und füllt das Gefäß, selbst durch die allerfeinste Oeffnung um so mehr an, je stärker man das Gefäß vorher erhitzt, folglich auch, je stärker man die Luft darin verdünnt hatte. — Auf diese Art füllt man auch die engen Thermometerröhren mit Queckfilber oder mit Weingeist an.

Die Vorrichtung, wie Fig. 6 und 7. Taf. IV. wird ein Luftthermometer genannt. Fig. 7. ist

bequemer, weil das Gefäß *b*, welches die Flüssigkeit enthält, gleich unmittelbar an der Röhre sitzt. Steht die Flüssigkeit bis *a*, Fig. 6 und 7., so ist über *a* Luft von natürlicher Dichtigkeit. Erwärmt man diese Luft, z. B. blos mit der Hand, so dehnt sie sich aus und drückt die Flüssigkeit hinab. Zieht sie sich wieder zusammen, so steigt auch die Flüssigkeit wieder. — Der weitere Gebrauch dieser Thermometer kommt erst in der Folge vor.

Der Lichterbrunnen Fig. 1. Taf. V., welcher sprang, sobald die Lichtchen *a* und *b* angezündet wurden, nahm sich recht hübsch aus. Zwei Gefäße A und B sind durch ein Paar Seitenröhren mit einander verbunden. In der Mitte des untern Gefäßes B befindet sich eine Sprungröhre *c*, die bis nahe an den Boden des Gefäßes reicht. Durch die Oeffnung *d* füllt man das untere Gefäß mit Wasser, und mit einer Schraube schließt man hernach die Oeffnung wieder zu. Wenn die Lichter brennen, so erhitzen sie die Luft in

dem Gefäße A. Da dieses allenthalben verschlossen ist, so wirkt die Luft mit ihrer ausdehnenden Kraft herunterwärts auf die Luft in den Röhren, drückt diese und folglich auch das Wasser in dem untern Gefäße. Das Wasser muß also wohl aus der Röhre *c* emporspringen.

Jetzt wurde auch ein großer papierner Ballon, wie Fig. 2. Taf. V. herbeygebracht. Dieser Ballon hatte bey A eine ziemlich weite Oeffnung, unter welcher ein leichtes Feuerbacken an ein Paar dünnen Drähten hing. Man ging mit dem Ballon ins Freye, legte ein Paar Kohlen und einige Hobelspähne in das Feuerbecken, und verdünnte dadurch die in dem Ballon befindliche Luft nach und nach so sehr, daß er zu steigen anfing, und bald mit Heftigkeit sich in die Luft erhob. Der Ballon war nämlich sammt allem, was daran hing, leichter geworden, als eine gleich große Menge atmosphärischer Luft von gewöhnlicher Dichtigkeit.

Solche Luftballons, aber noch viel größer, machten die Gebrüder Montgolfier im Jahr 1782 zuerst. Ein anderer Franzose Pilatre de Rozier stieg damit im Jahr 1783 wirklich in die Höhe. Natürlich war eine solche Luftfahrt sehr gefährlich. Wie leicht konnte der papierne Ballon in Brand gerathen, und wie leicht konnte er einen Riß bekommen. Seitdem man angefangen hat, taffetene Luftbälle, deren Nähte ein elastischer Firniß bedeckt, mit leichter brennbarer Luft zu füllen, sind die Luftfahrten weniger gefährlich, aber auch kostspieliger geworden. Und doch hört man noch bisweilen von Wagehälsen, die in jenen Montgolfieren eine Fahrt unternehmen.

Wärmere Luft, die specifisch leichter geworden ist, muß natürlich in dichterer kälterer Luft in die Höhe steigen. Hieraus ergiebt sich leicht der Grund, warum es über der Flamme heißer ist, als neben der Flamme. Entsteht durch Hitze ein luftverdünnter Raum, so stürzt sich die benachbarte dichtere Luft in denselben.

Auf diese Art werden in den meisten Fällen die Wiede erzeugt. Gewaltsamer stürzt sich die dichtere Luft in den Raum, wo die Hitze am stärksten ist. Man bemerkt dies immer auch bey Feuersbrünsten. Die glühenden Dämpfe, welche wir Flamme nennen, werden von der herbeyströmenden dichtern Luft zu einer gewissen Gestalt zusammengepreßt, oben, wo die Hitze am stärksten ist, gewaltsamer. Daher muß denn ihre Gestalt, wie bey dem Lichte, wohl spitzig ausfallen.

Zwei und zwanzigstes Kapitel.

Von der Luftpumpe.

Denk' dir jetzt, lieber Ferdinand, fuhr Herr Waltersdorf bey der nächsten Unterhaltung fort, ein metallenes oder gläsernes Gefäß. Könnten wir aus diesem Gefäße einen Theil Luft nach dem andern hin-

wegschaffen, ohne daß wieder neue Luft hineinzutreten vermöchte, so würde die zurückbleibende Luft immer dünner und dünner werden. Man würde dann durch Versuche in einem so verdünnten Raume von manchen Eigenschaften jener elastischen Flüssigkeit genauere Einsichten sich erwerben können. Wenn die Physiker vor der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts Luft in einem Gefäße verdünnen wollten, so erhitzten sie das Gefäß, und trieben auf diese Art einen großen Theil Luft heraus.

Der Burgermeister Otto von Guerike in Magdeburg erfand im Jahr 1650 eine Maschine, womit er die Luft in einem Gefäße viel bequemer verdünnen konnte. Man nannte diese Maschine eine Luftpumpe. Sie ist seit jener Zeit sehr verbessert und jetzt eins der wichtigsten physikalischen Werkzeuge geworden.

Sehr viel Aufsehen erregte Guerike's Erfindung. Im Jahr 1654 wurde dieser verdienstvolle

Mann mit seiner Maschine nach Regensburg berufen, wo er vor Kaiser Ferdinand III. und mehreren deutschen Reichsfürsten allerley Experimente machen mußte.

Der Danpttheil der Guerikeschen Luftpumpe war ein Stiefel (eine genau ausgebohrte cylindrische Röhre) B B Fig. 4. Taf. V., welcher schräg in einem Gestelle lag. In diesem Stiefel ließ sich der solide Kolben C an der Kolbenstange C D, die bey D einen Handgriff hatte, auf und nieder ziehen. Der mit Leder umwundene und mit Oehl getränkte Kolben schloß genau an die innere Röhrenwand an. Der Boden *a* des Stiefels war mit einer aufwärts gebogenen Röhre *a d* verbunden, worin der Hals des kugelartigen Gefäßes A eingekittet wurde. Stand nun der Kolben am Boden *a* des Stiefels und wurde er dann nach dem andern Ende des Stiefels hingezogen, so bewirkte er hinter sich einen luftleeren Raum, in welchem sich augenblicklich die in dem Gefäße A und der

Röhre *a d* befindliche Luft ausbreitete, um inwendig das Gleichgewicht wieder herzustellen. Folglich war die Luft in A, wovon jetzt ein Theil den Stiefel erfüllte, dünner geworden. Beym Hinunterdrücken des Kolbens durfte man die im Stiefel enthaltene Luftsäule nicht wieder in die Röhre *a d* hinabtreiben. Deswegen befand sich am Boden des Stiefels ein Ventil *a*, das nach dem Stiefel zu sich öffnete, nach der Richtung *a d* zu aber fest zufiel. Die Luft zwischen dem Kolben und zwischen dem Ventile mußte aber doch einen Ausweg finden. In dieser Absicht war bey *b* im Stiefel ein kleines Seitenröhrchen angebracht mit einem Ventile, das sich aufwärts öffnete. Zu dieser Röhre wurde die Luft hinausgestoßen. Zog man den Kolben wieder in die Höhe, so bildete sich hinter ihm abermals ein luftleerer Raum; in diesen trat wieder Luft aus A, welche man beym Hinunterdrücken des Kolbens wieder durch *b* ins Freye jagte. Die Luft in A war also noch dünner geworden. Je länger man dieses

Pumpen fortsetzte, desto dünner wurde die Luft in dem Gefäße A.

Um das Gefäß A von der Maschine abnehmen zu können, ohne daß wieder Luft in dasselbe dringt, so mußte quer durch den Hals ein Hahn gehen, welcher nach einer Richtung durchbohrt war. Beym Pumpen communicirt die Hahnöffnung mit dem innern Raume des Halses und der Röhre. Ist das Pumpen geendigt, so verschließt man den Hals durch den Hahn; und dann kann man das luftleere Gefäß herunternehmen.

Nachher ist die Luftpumpe vielfältig verändert und verbessert und mit mehreren wesentlichen neuen Theilen bereichert worden. Dahin gehört vorzüglich die Anbringung des Tellers, die Erfindung des Sengu-erdischen Hahns, die bessere Einrichtung durch Blasenventile, und die Anwendung von zwey Stiefeln statt eines. Da die Bearbeitung der Kolbenstange durch bloßes Auf- und Niederziehen mit

der Hand beschwerlich war, so machte man den Stiefel stehend, ließ die Stange herunterwårts gehen, und gab ihr einen Steigbiegel zum Treten. Viel bequemer war und blieb jedoch die Bearbeitung mit der Winde. Man giebt der Kolbenstange Zähne, in welche man ein kleines Stirnrad oder eine Art Getriebe eingreifen läßt. Die Welle dieses Rades oder Getriebes hat eine Kurbel, die man abwechselnd rechts und links dreht, um die Kolbenstange hinauf oder herunter zu bewegen.

Wird über eine kleine Oeffnung ein Streifen Blase (oder Wachstaffet) gespannt, so hat man ein Blasenventil, Fig. 4. Taf. VI. Der Senguerdsche Hahn, vom ehemaligen Professor Senguerd in Leiden erfunden, ist ein doppelt durchbohrter Hahn; einmal mit der gewöhnlichen quer durch die Mitte gehenden Oeffnung, wodurch die Communikation nach zwey gerade gegenüber liegenden Seiten statt findet, wie bey *a* Fig. 3. Taf. VI; und das anderemal wie bey *b*,

wodurch die Communikation nur nach einer Seite und mit der freyen Luft bewirkt wird.

Fig. 6. Taf. VI. stellt eine sehr einfache Luftpumpe mit stehendem Stiefel ohne Ventil vor. Der Kolben B mit seiner Stange bewegt sich in dem Stiefel A auf und nieder. Nahe unter dem Boden des Stiefels ist der Senguerdsche Hahn *c* in der Röhre *c d* angebracht, welche mit dem Stiefel communicirt, und mit ihrem größten Theile aufwärts gebogen ist. Ihr Ende *d* trägt den Teller, eine kreisrunde messingene ganz eben geschliffene Platte, etwa von 1 Fuß im Durchmesser, worauf man eine gläserne Glocke (einen gläsernen am Rande genau abgeschliffenen Recipienten) stellt. Der Rand dieses Recipienten muß unten genau abgeschliffen seyn, damit, wenn man ihn mit etwas Baumöhl bewischt (oder im schlimmsten Falle mit einer Scheibe nassen weichen Leders belegt), keine Luft zwischen ihn sich hindurchdrängen könne. Wenn man nun den Kolben in die Höhe ziehen will, so muß

der Hahn unter den Boden des Stiefels so gestellt seyn, daß seine Queröffnung *a* Fig. 3. mit dem innern Raume des Stiefels und der Röhre *c d* communicirt. Dann verbreitet sich ein Theil Luft aus der Glocke in den luftleer gewordenen Raum des Stiefels. Will man den Kolben wieder hinuntertreiben, so muß man den Hahn so drehen, daß seine Oeffnung *b* Fig. 3. mit dem Raume des Stiefels und der freyen Atmosphäre communicirt; alsdann stößt man alle im Stiefel befindliche Luft ins Freye. Setzt man dieses Spiel abwechselnd fort, so wird die Luft unter der Glocke immer dünner und dünner.

Die Luftpumpe, welche jetzt Herr Waltersdorf zeigte, Fig. 5. Taf. VI. ist eine der vollkommensten und wirksamsten unter allen, welche es wohl geben mag. Der innere Raum der beyden Stiefel *c* und *d* hat mittelst der Seitenröhren *e* und *f* Gemeinschaft mit der dünnen Röhre *gg*, welche oben durch die Mitte des Tellers *a b* geht. Diese Röhre *g g* sitzt

fest in dem Teller und ragt über ihm nur einige Linien hoch empor. Sie hat an der Hervorragung einige Schraubengänge. Die massiven Kolben sitzen an den gezahnten Kolbenstangen *m* und *n*, welche in einen starken Trilling (oder auch in ein kleines Stirnrad) greifen. Dreht man an der Kurbel *k*, so steigt der eine Kolben, während der andere sinkt, folglich saugt der eine (bildet den luftleeren Raum hinter sich), während der andere drückt (die Luftsäule im Stiefel in die freye Luft jagt). Unter dem Teller hat die dünne Röhre einen dicken Ansatz, der aber demohngeachtet noch einen Theil der Röhre ausmacht. Durch diesen Ansatz geht der Senguerdsche Hahn *l*, womit man im Stande ist, nach Belieben wieder Luft aus der Atmosphäre in die Glocke zu lassen, welche auf dem Teller steht. Unten am Boden jedes Stiefels befindet sich ein Blasenventil, welches die Luft aus der dünnen Röhre in den Stiefel hinein läßt. Zu gleicher Zeit geht, vom Boden jedes Stiefels aus, eine viereck-

kigte Röhre *h*, in welche der Kolben beym Hinunterdrücken die Luft hineinpreßt, von wo sie durch ein Ventil und mittelst der Röhre *h i* in die freye Atmosphäre gelangt. Am Ende *i* dieser Röhre ist ein kleiner Teller angebracht, zu gleicher Zeit aber auch eine Schraube, um die aus *h i* dringende Luft zum Verdichten anzuwenden.

Ventilluftpumpen, oder Luftpumpen mit Ventilen, wie Fig. 5., bemerkte Herr Waltersdorf, sind mit großer Bequemlichkeit zu bearbeiten. Aber wenn die Luft sehr verdünnt worden ist, so hat sie zuletzt nicht Kraft genug mehr, das Ventil zu öffnen. Hahnluftpumpen, wie Fig. 6. sind weit dauerhafter. Aber zwischen dem Hahn und dem Kolben (im tiefsten Stande betrachtet) bleibt immer ein Raum, der sogenannte schädliche Raum, mit Luft von natürlicher Dichtigkeit; und dann ist auch das Drehen des Hahns eine beschwerliche Arbeit. Den schädlichen Raum kann man indessen sehr geringe machen, wenn man

den Hahn möglichst nahe an den Boden des Stiefels rückt, und zum Selbstdrehen des Hahns könnte man ebenfalls eine Maschinerie erfinden, die sich mit dem Fuße regieren ließe. — Doch, dies nur im Vorbeygehen. Unsere Maschine Fig. 5. ist genau genug, um allerley interessante Versuche damit anstellen zu können.

Drey und zwanzigstes Kapitel.

Experimente mit der Luftpumpe.

Die Experimente mit der Luftpumpe wurden auf den nächsten Tag verschoben. Und dann nahm sie Herr Waltersdorf in folgender Ordnung vor.

Zuerst wurde eine gläserne Glocke (ein gläserner Recipient) auf den Teller der Luftpumpe gesetzt. Nachdem die Kurbel ein paarmal Rechts und Links gedreht war, stand die Glocke schon so fest wie eine

Mauer; man hätte sie zerbrechen müssen, um sie wieder von dem Teller der Luftpumpe los zu machen. Ferdinand sah leicht ein, daß der Druck der äussern Luft sie fest hielt, der von Innen keinen oder doch nur einen schwachen Gegendruck fand. Durch Drehung des Hahns *l* Fig. 5. konnte man wieder Luft unter die Glocke lassen, und dann sie wieder abnehmen. Ferdinand mußte hernach während des Pumpens seine Hand auf die Oeffnung der Röhre in der Mitte des Tellers drücken. Er mußte große Gewalt anwenden, wenn er sie wieder hinwegziehen wollte.

Jetzt wurden die Guerikeschen oder Magdeburgischen Halbkugeln Fig. 3. Taf. V. vermöge der mit ihnen verbundenen Röhre in die Mitte des Tellers an den hervorragenden Röhrenansatz geschraubt. Diese hohlen messingenen Halbkugeln, jede mit einem Griffe versehen, paßten genau aufeinander. So zusammengesetzt und zu einer ganzen Kugel vereinigt, nachdem man ihren berührenden Rand mit et-

was Baumöhl bewischt hatte, und mit ihrer Röhre *a*, die einen Hahn hat, auf jenen Ansatz geschraubt, wurde aus ihrem innern Raume die Luft hinweggepumpt. Man verschloß sie dann durch Drehung des Hahns und schraubte sie von der Luftpumpe ab. Zwey Männer mußten jeder einen Griff in die Hand nehmen und die Halbkugeln von einander zu ziehen suchen. Es war nicht möglich; sie hatten nicht so viel Kraft den Druck der Luft zu überwältigen, der die Halbkugeln zusammenhielt. — Sind die Halbkugeln recht groß, sagte Herr Waltersdorf, so können oft viele Pferde, die man an jeden Griff spannt, die Kugeln nicht von einander reissen. Wie wir die Größe des Luftdrucks berechnen, wissen wir bereits.

Ein offener Cylinder, wie Fig. 5. Taf. V., über dessen obere Mündung ein Stück Blase gespannt war, kam bald nachher auf den Teller der Luftpumpe. Sobald die Luft nur einigermaßen in ihm verdünnt worden war, zerdrückte die äußere Luft die Blase mit

einem starken Knalle. Ein ähnlicher aber weiterer Cylinder wurde auf dem abgeschliffenen Rande seiner Mündung eben so mit einer abgeschliffenen Glasplatte belegt. Der Druck der äussern Luft zersprengte auch diese, sobald die Luft darunter verdünnt worden war. Ein Apfel auf dieselbe Art auf die Mündung eines hohlen Cylinders gelegt, zerplatzte unter den nämlichen Umständen.

Man stellte ein Trinkglas mit Wasser auf dem Teller der Luftpumpe und legte die Mündung einer ganz engen Röhre, woran eine hohle Glaskugel befindlich war, wie Fig 6. Taf. V. unter das Wasser. (Man kann dazu auch den Heronsball Th. I. Taf. II. Fig. 12. anwenden) Dann deckte man eine Glocke darüber und pumpte die Luft unter derselben hinweg. Die Luft in der Glaskugel drängte sich dabey auch mit heraus. Wenn man aber wieder Luft zuließ, so drückte diese eine Portion Wasser durch das enge Röhrchen in die Kugel. Die übrigbleibende Luft in der Kugel hatte nun eine

natürliche Dichtigkeit. Stellte man die Kugel (oder den Heronsball) in diesem Zustande allein unter die Glocke, so sprang das Wasser daraus während des Pumpens ziemlich hoch empor. Diese Wirkung kam von der zurückgebliebenen Luft in der Kugel her, die nun vermöge ihrer ausdehnenden Kraft das Wasser, welches keinen oder doch nur einen höchst schwachen Gegendruck fand, aus der engen Röhre heraustreiben konnte, wie Fig. 7. Taf. VI.

Ein Glas mit Wasser, worauf kleine Stücke Tannenholz schwammen, wurde auf den Teller der Luftpumpe unter die Glocke gestellt. Nach fortgesetztem Pumpen gab nicht blos das Holz, sondern auch das Wasser eine Menge Luftblasen von sich, die gleichfalls durch das Pumpen herausgeschaft wurden. So wie man wieder Luft hinzuließ, sanken die Holzstücke unter. Die hinzuströmende Luft hatte nämlich auch Wasser in die luftleeren Poren des Holzes ge-

preßt. Dadurch war das Holz so schwer geworden, daß es sich nicht mehr schwimmend erhalten konnte.

Holz, durch angehängtes Bley unter Wasser gebracht, gab beym Verdünnen der Luft eine Menge Luftblasen von sich, stieg empor und schwamm. Beym Zulassen der Luft sank es schnell wieder unter. Auch eine zugebundene Blase mit einem Bleygewicht stieg im Wasser in die Höhe, wenn man die äußere Luft hinwegnahm. Bey letzterm Versuche hatte sich die Blase ausdehnen und an Volumen zunehmen können.

Hohle Glaskugeln wurden so auf Wasser gelegt, daß ihre Oeffnung beym Schwimmen unter Wasser war. Man verdünnte, nachdem man wieder eine Glocke darüber gesetzt hatte, die Luft um sie herum, folglich auch in ihnen. Beym Wiedereinlassen der Luft füllten sie sich fast ganz mit Wasser und sanken unter.

Eine schlaffe zugebundene Kälberblase legte Herr Waltersdorf unter die gläserne Glocke. Pumpte er nun die Luft aus letzterer, so schwellte die Blase bis zum Zerplatzen auf; sank aber wieder zusammen, sobald wieder Luft zuströmte. Natürlich hatte die noch vorhandene eingeschlossene Luft in der Blase, die von Außen keinen Gegendruck mehr fand, dieses Aufschwellen zuwege gebracht. War die Blase, wie man sie unter die Glocke legte, nicht ganz schlaff, so wurde sie nach geschehenem Pumpen von der ausdehnenden Kraft der innern Luft zersprengt.

Sehr artig nahm sich der Versuch mit einer halben Eyerschaale aus, worin die Haut noch nicht zerrissen seyn durfte. Die Haut blähte sich unter der luftleer gemachten Glocke so auf, daß man ein ganzes Ey zu sehen glaubte, begreiflich aus demselben Grunde, warum die schlaffe Blase aufschwellte.

Ein Licht erlöschte sehr bald im luftleeren Raume. Ein Vogel wurde darin bis zum Umfal-

len betäubt und würde durch den Mangel an Luft getödtet worden seyn, wenn Herr Waltersdorf nicht schnell wieder Luft zugelassen hätte. Bald erholte das Thierchen sich und wurde wieder munter.

Dem Schall einer Glocke die sich im luftleeren Raume befand, hörte man fast gar nicht, wenn man verhinderte, daß auch keine feste elastische Körper ihn durch den Recipienten hindurch fortpflanzen konnten. Herr Waltersdorf stellte in dieser Absicht eine Art Wecker (ein Räderwerk, das, wenn seine Feder aufgezogen war, einen Hammer mehrere Minuten lang auf eine Glocke wirken ließ) auf ein Bleygewicht, das mittelst eines seidenen Kissens auf dem Teller der Luftpumpe ruhte. Man umgab diese Verrichtung mit dem Recipienten, und pumpte so schnell wie möglich die Luft aus.

In einem hohen gläsernen Cylinder, wie Fig. 1. Taf. VI., befand sich ein Dukaten und eine Pflaumfeder. Die Dauer des Falls dieser

beyden Körper war, wenn man den noch mit gewöhnlicher Luft versehenen Cylinder umkehrte, sehr verschieden. Die Feder befand sich kaum in der Mitte des Cylinders, wenn der Dukaten längst unten lag. Eine messingene Röhre *a b*, durch welchen ein Hahn *c* ging, war genau und Luftdicht an den Cylinder befestigt. Die Röhre *a b* wurde mit *a* auf den Röhrenansatz in der Mitte des Luftpumpentellers geschraubt, die Communication des Hahns mit dem innern Raume des Cylinders eröffnet, und aus letzterm die Luft so viel wie möglich ausgepumpt. Die Röhre *a b* wurde darauf durch Drehung des Hahns verschlossen, und der Cylinder von der Luftpumpe abgeschraubt. So wie man ihn umkehrte, fielen Dukat und Pflaumfeder zu gleicher Zeit nieder.

Derselbe Cylinder wurde abermals, nachdem man den Dukaten und die Feder herausgenommen hatte, wieder luftleer gemacht, der Hahn verschlossen und erst unter Wasser geöffnet. Da sprang denn

das Wasser mit Gewalt empor, stieg immer höher und höher, und füllte den Cylinder beynahe ganz.

Den Versuch mit dem Falle des Dukatens und der Feder veränderte Herr Waltersdorf auf folgende sinnreiche, aber weniger einfache Art. Er nahm einen eben solchen wohl $2\frac{1}{2}$ Fuß hohen gläsernen Cylinder, worauf oben genau ein messingener Deckel paßte. An der untern Fläche des Deckels waren zwey länglichte Klappen angebracht, die sich in eine Spitze endigten. Sie konnten mittelst einer Schraube, die durch den Mittelpunkt des Deckels ging, so gestellt werden, daß sie entweder mit dem Deckel parallel waren, oder daß sie von demselben senkrecht herabhingen. Die Schraube ging ganz luftdicht durch eine Schraubenmutter in der Mitte des Deckels und hatte an ihrem äußersten Ende eine runde mit einem Ausschnitt versehene Platte. Auf dieser Platte ruheten die Spitzen jener Klappen, wenn sie sich in horizontaler Lage befinden sollten. Drehte man aber die Schraube

herum, so kam eine Spitze nach der andern in den Ausschnitt, und weil nun hier für sie keine Unterstützung mehr war, so fiel die Klappe allemal herab.

Auf jede der Klappen legte Herr Waltersdorf einen Dukaten und eine Pflaumfeder. So bewaffnet brachte er den Deckel auf das obere offene Ende des Cylinders, der schon, wie Fig. 1. Taf. VI. auf der Luftpumpe fest stand. Er drückte ihn fest an, (so daß er völlig luftdicht mit dem Cylinder vereinigt war) und pumpte ziemlich lange, um die Luft in dem Cylinder recht stark zu verdünnen. Jetzt aber drehte er die Deckelschraube herum. So wie der Ausschnitt des Schraubentellerchens an eine Klappenspitze kam, entschlüpfte die Klappe, sank nieder, und Dukaten und Feder fielen nicht blos mit gleicher Geschwindigkeit auf den Teller der Luftpumpe herab, sondern die Feder hüpfte auch eben so hoch vom Boden in die Höhe, als der Dukaten.

Sehr artig und lehrreich war der Versuch, welcher

jetzt folgte. Eine gekrümmte Röhre, ohngefähr wie Fig. 8. Taf. III., nur mit gleich langen Schenkeln, wurde herbeygeholt. Der eine Schenkel *a* wurde in ein Gläschen mit engem Halse gestellt, welches über halb mit gefärbtem Wasser (auch wohl mit rothem Wein) angefüllt war. Alsdann wurde dieser Schenkel luftdicht in den Hals eingekittet, so daß die über dem Wasser befindliche Luft eingeschlossen blieb. Nun setzte Herr Waltersdorf den andern Schenkel *c* in ein anderes eben solches gegenüber stehendes Gläschen, welches leer war, oder vielmehr nichts als Luft enthielt. Der Schenkel war nicht in den Hals dieses Gläschens eingekittet, sondern stand so darin, daß er Spielraum hatte. Diese ganze Vorrichtung wurde auf den Teller der Luftpumpe gesetzt und dann eine gläserne Glocke (oder ein Recipient) darüber gestülpt. — Was geschah, als man anfing zu pumpen? Die Luft wurde nicht blos unter der Glocke, sondern auch in dem zweyten Gläschen und in der ganzen Röhre ver-

dünnt; und so wie dieses erfolgte, so fing auch die wenige in dem ersten Gläschen befindliche Luft an, sich auszudehnen. Sie konnte ja nun frey auf das Wasser wirken, weil dieses durch keine Luft in der Röhre mehr einen Gegendruck erlitt. Das Wasser stieg also aus dem ersten Gläschen in der Röhre hinauf und durch dieselbe in das zweyte Gläschen, und zwar so lange, bis es ganz zu Ende war.

Die Luft, welche das erste Gläschen nicht halb ausfüllte, war also nun in dem ganzen Gläschen und in der Röhre ausgedehnt. Jetzt ließ Herr Waltersdorf wieder Luft in die Glocke. Diese fuhr natürlich auch in das zweyte Gläschen, und jagte wieder alles Wasser durch die Röhre in das erste Gläschen zurück. Weil nämlich die Luft in dem ersten Gläschen durch die Ausdehnung sehr verdünnt worden war, so vermochte sie dem Drucke der eindringenden dichtern Luft nicht zu widerstehen, sie mußte sich wieder in ihren alten engern Raum, den sie über dem Wasser

hatte, zusammenziehen. — Daß das Wasser blos deswegen gefärbt war, um den Versuch besser sehen zu können, erkannte Ferdinand von selbst.

Herr Waltersdorf brachte nun ein dickes Männchen herbey, welches auf einer gläsernen Tonne ritt. Das Männchen hatte eine gläserne Röhre im Munde, welche bis in die Tonne reichte. Die Tonne aber war über halb mit rothem Wein gefüllt. Die Tonne mit dem Männchen wurde auf den Teller der Luftpumpe unter einen gläsernen Recipienten gesetzt, und mit dem Pumpen der Anfang gemacht. Da nahm es sich nun recht possirlich aus, wie das Männchen durch die Röhre allen Wein aus der Tonne trank. Herr Waltersdorf ließ wieder Luft unter den Recipienten; und siehe da! der Wein kam insgesammt wieder aus dem Munde des Männchens heraus und lief in die Tonne zurück.

„Dies ist ja dasselbe Experiment, wie das vorhergehende," rief Ferdinand, sobald er den Versuch sah;

„die Tonne vertritt die Stelle jenes ersten Gläschens, und gewiß ist in dem dicken Bauche des Männchens das zweyte offene Gefäß verborgen, welches durch die Röhre, die dem Männchen in den Mund geht, den Wein aus der Tonne empfängt, sobald man zu pumpen beginnt.“ — Wer würde nicht einsehen, daß Ferdinand Recht hatte!

Jetzt wurde in das spitze Ende eines Hühnereyes ein kleines Loch eingestochen, und dann wurde das Ey bey dem stumpfen Ende mittelst einer Schleife unter den gläsernen Recipienten gehängt. So wie die Luft unter dem Recipienten verdünnt wurde, so drang Eyweiß und Dotter zu der kleinen Oeffnung des Eyes heraus. Wurde wieder Luft zugelassen, so kehrte Alles wieder durch das Loch in das Ey zurück.

An dem stumpfen Ende des Eyes befindet sich nämlich das mit Luft gefüllte Häutchen, welches wir schon kennen. An dem spitzen Ende enthält das

Häutchen keine Luft; sie liegt da dicht an dem Eye an. Wird nun die Luft um dem Eye herum verdünnt, so dehnt sich die Luft am stumpfen Ende des Eyes aus, drückt vermöge ihrer ausdehnenden Kraft auf Eyweiß und Dotter und preßt sie zu dem kleinen Loche heraus. Läßt man wieder Luft zu, so treibt diese jene Sachen insgesammt wieder zu der kleinen Oeffnung in das Ey hinein.

Herr Waltersdorf legte auch eine runzlichte Birn auf den Teller der Luftpumpe unter die Glocke. Er pumpte die Luft hinweg, und die Birn verlor alle Falten, weil die darin befindliche Luft sich ausdehnte, eben so, wie in der zugebundenen schlaffen Blase, die er früher unter den Recipienten gebracht hatte.

Es wurde wieder eine oben durchbrochene Glocke herbeygeholt. In der durchbrochenen Stelle war mittelst einer messingenen Büchse eine gläserne Röhre luftdicht eingelassen, die man auf und

niederschieben konnte, ohne daß mit der innern und äußern Luft neben der Röhre hin eine Communikation entstand. Die Röhre war oben verschlossen, unten offen. Man brachte die Glocke mit der Röhre auf den Teller der Luftpumpe und setzte unter das offene Ende der Röhre ein Gefäß mit Quecksilber, aber so, daß die Röhre dasselbe nicht erreichte. Nun pumpte man aus der ganzen Vorrichtung die Luft tüchtig heraus, und als dieses geschehen war, schob man die Röhre in das Quecksilber hinein. So lange inwendig die ganze Vorrichtung luftleer blieb, drang kein Quecksilber in die Röhre. Natürlich war ja keine Kraft da, die es hätte hinaufdrücken können. Sobald aber die Luft wieder zugelassen wurde, so drückte sie auch auf das Quecksilber. In der Röhre, deren Mündung jetzt noch immer unter Quecksilber stand, war keine Luft, die diesem Drucke widerstehen konnte, folglich mußte wohl das Quecksilber in der Röhre hinaufgetrieben werden.

Diese Erscheinung, sagte Herr Waltersdorf,

ist mit einer der überzeugendsten Beweise, daß das Steigen des Quecksilbers im Barometer nur von dem Drucke der Luft herrührt. Bey jenem Versuche konnte man das Quecksilber freylich keine 28 Zoll hoch hinauftreiben. Aber man muß auch bedenken, daß man nie im Stande ist, die Luft aus einem Raume ganz hinwegzupumpen; daß dagegen nur im Barometer über dem Quecksilber ein vollkommen luftleerer Raum (die toricellische Leere) sich befindet.

Herr Waltersdorf nahm die Luft auch wieder unter der Glocke hinweg, und nun fiel das Quecksilber aufs Neue herunter. Alsdann zog er die Röhre wieder hinauf. Hätte er dieses vorher gethan, so lange noch Luft da war, so würde das schwer herausplatzende Quecksilber die Glocke haben zerschmettern können.

Eine kleine Spritze, die sich luftdicht in einer oben durchbrochenen mit einer Büchse versehenen Glocke auf und nieder bewegen ließ, sog im luftleeren Raume

nicht, wenn man den Kolben aufwärts zog; natürlich war keine Luft mehr da, die das Wasser in den leeren Raum der Spritze hätte drücken können. Der Heber floß nicht im luftleeren Raume.

An das eine Ende eines empfindlichen Waagbalkens, Fig. 2. Taf. VI., der bey *e* an der Spitze eines kleinen Postaments hängte, wurde eine Bleykugel *c*, an das andere Ende ein großes Stück Kork gehängt, die beyde mit einander balancirten. Unter den gläsernen Recipienten auf die Luftpumpe gebracht und durch Pumpen von der anliegenden Luft befreyt, blieb der Waagbalken nicht im Gleichgewicht; das Korkholz zog die Waage nieder. Unter dem Korkholze befand sich vorher eine dicke, unter der Bleykugel eine dünne Luftsäule, wovon doch jede einen kleinen Theil der Körper mit tragen half. Durch den hervorgebrachten luftleeren Raum verlor also das Korkholz viel, die Bleykugel wenig von dem Widerstande, der unter ihnen war.

Wasser, mäßig erwärmt unter die Glocke der Luftpumpe gebracht, aus welcher man die Luft hinwegnahm, siedete bald. Pflanzen wurden bald welk im luftleeren Raume, Selterwasser aber, durch das Auspumpen seiner fixen Luft beraubt, wurde unschmackhaft. Dabey gerieth die Flüssigkeit in Wallung und Aufschäumung. Schon beym ersten Kolbenzuge ging ein Theil der fixen Luft davon. — Dasselbe geschah auch beym Champagner.

Aus diesem Versuche, sagte Herr Waltersdorf, ergiebt sich auch, daß es nicht gut ist, wenn die Champagner-Bouteillen lange Stöpsel haben. Wenn man sie nämlich herauszieht, so hat man die Wirkung einer kleinen Luftpumpe. Es entsteht hinter dem Stöpsel ein luftleerer Raum, in welchem (wenn er auch nur klein ist) die fixe Luft aus der Flüssigkeit schnell hinaufsteigt. Der Wein muß dadurch nothwendig an Kraft verlieren.

Etwas Wasser neben ein flaches Schälchen

gestellt, worin Schwefelsäure befindlich war, verwandelte sich während des Auspumpens in Eis, weil die Schwefelsäure den zur Verdampfung nöthigen Wärmestoff gierig dem Wasser entzog. Dieser Versuch war wohl einer der interessantesten, der nur gemacht werden konnte. Mit ihm schloß auch Herr Waltersdorf den Unterricht dieses Tages.

Vier und zwanzigstes Kapitel.

Fortsetzung der Versuche mit der Luftpumpe.

Am folgenden Tage war die Lehrstunde noch zu einigen interessanten Versuchen mit der Luftpumpe bestimmt, die Herr Waltersdorf ohne eine strenge Ordnung nach einander anstellte. Ferdinand sah dabey wieder manche neue Apparate, deren Gebrauch ihm sehr viel Vergnügen gewährte. Zuerst erblickte er eine große Glasglocke, in welcher auf fol-

gende Art eine kleine hing. Oben in dem durchbrochenen Gewölbe der großen Glocke war eine messingene Büchse festgekittet, durch welche ein messingener mit einem Haken versehener Draht luftdicht in die Glocke hineinging. Dieser Haken hielt die kleine Glocke, indem an derselben oben ein Ring festgekittet war. Mittelst des Drahts konnte man nun die kleine Glocke in der großen niederdrücken oder emporziehen.

So brachte Herr Waltersdorf beyde Glocken auf den Teller der Luftpumpe; er pumpte die Luft aus ihnen heraus, und als dieses geschehen war, drückte er die kleine so nieder, daß sie nicht über, sondern neben die Teller-Oeffnung kam. Jetzt ließ er wieder Luft zu und nahm die große Glocke hinweg. Ferdinand sollte auch die kleine Glocke hinwegnehmen; aber er konnte es nicht; sie saß auf dem Teller noch ganz unerschütterlich fest.

Ferdinand begriff leicht die Ursache dieser Erscheinung. „Die kleine Glocke, welche nicht über der

Teller-Oeffnung steht," sagte er ganz richtig, „ist luftleer geblieben, als man wieder Luft zuließ, und die hinzuströmende Luft hat sie fest an den Teller gedrückt. Wollte man sie wieder los haben, so müßte man die große wieder darüber setzen, die Luft wieder auspumpen und vor dem nachmaligen Hinzulassen der Luft die kleine Glocke an dem Drahte in die Höhe ziehen. Alsdann erst könnte man beyde Glocken wieder hinwegnehmen." — Dies that auch Herr Waltersdorf, nachdem er seinen Schüler vorher recht aufmerksam darauf gemacht hatte, welch' ein schöner Beweis auch jener Versuch für den Druck der Luft sey.

Aus derselben großen Glocke wurde die kleine Glocke herausgenommen. Nun wurde erst eine Vorrichtung auf den Teller der Luftpumpe gesetzt, womit es folgende Beschaffenheit hatte. Ein aus drey Messingstäben zusammengesetztes Gestelle, welches wohl 6 Zoll niedriger war als der innere Raum der Glocke, hatte unten als Grundfläche eine etwa 4 Zoll große Eisen-

platte. Unter dieser waren aber noch drey zu Füßen bestimmte gleich weit von einander stehende Knöpfe. Oben hing zwischen den Stäben ein kleines messinge-nes Büchschen (von einem Raumesinhalte, der ohn-gefähr dem eines Fingerhuts gleich war). Das Büchs-chen hatte nämlich an der Seite und zwar an gerade gegenüber liegenden Stellen zwey Vertiefungen, wie Zapfenlöcher, und mit diesen Löchern schwebte das Büchschen so in zwey horizontal steckenden Zapfen, daß es um dieselben wie um eine Axe gedreht werden konnte. Ließ man ihm freyen Spielraum, so sank es so herab, daß (nach der dazu eingerichteten Lage sei-nes Schwerpunktes) seine Mündung unten hin gekehrt war. Gerade unter dem Büchschen, aber ohne daß dadurch die Bewegung desselben gehindert wurde, saß ein messingener Trichter fest, dessen oberer Mündungs-Durchmesser etwa 1 Zoll, der untere 2 oder 3 Linien betrug. Die untere Mündung war nicht weit von der bewußten Eisenplatte entfernt. Ueber dem Büchschen

aber befand sich eine Klappe, wie eine Flötenklappe, welche mittelst einer Feder das Büchschen so festhalten konnte, daß seine Mündung oben hin stand. Man brauchte in dieser Absicht nur das Büchschen umzudrehen, und das eine Ende der Klappe von der unter dem andern Ende liegenden Feder auf den Rand der Mündung drücken zu lassen. Stieß man aber dieses andere Ende hinunterwärts, so ging das erstere Ende in die Höhe (weil die Klappe einen zweyarmigen Hebel bildete), verließ folglich den Rand der Mündung, und das Büchschen drehte sich dann schnell so, daß die Mündung wieder unten hin kam. Was also in dem Büchschen lag, wurde in den Trichter geschüttet.

Herr Waltersdorf that gutes Schießpulver in das Büchschen, nachdem er die Mündung auf die beschriebene Art mittelst der Klappe oben hin gebracht hatte. Er machte darauf ein dickes plattes Stück Eisen glühend, legte dieses mit einer Feuerzange auf die Platte jener Vorrichtung, stürzte sehr schnell obige

durchbrochene Glocke mit dem Draht so darüber, daß der Draht seine Richtung über dem zweyten Ende der Klappe hatte, und verdünnte so geschwind wie möglich die Luft unter der Glocke. Dann stieß er den Draht herunter auf das bewußte Ende der Klappe, wodurch das andere Ende in die Höhe ging und das Büchschen frey ließ, welches sich nun umdrehte, und das Pulver durch den Trichter auf das glühende Eisen schüttete. Das Pulver wurde nicht entzündet, eben so wenig, als ein Licht im luftleeren Raume brennen und als Stahl- und Stein darin Funken geben könnten. — Auch letzterer Versuch, sagte Herr Waltersdorf, läßt sich unter einer durchbrochenen Glocke mit einem Flintenschlosse anstellen, das man von oben mit dem bewußten Drahte losdrückt.

In eine messingene Büchse legte Herr Waltersdorf eine zusammengedrückte aber fest zugebundene Blase. Dann beschwerte er den Deckel derselben

mit Gewichten und zwar mit einigen Bleyplatten. So brachte er die Büchse unter eine Glocke der Luftpumpe, und pumpte die Luft aus der Glocke. So wie dieses geschah, dehnte sich die wenige in der Blase befindliche Luft so sehr aus, daß sie den Deckel der Büchse mit den Gewichten in die Höhe trieb. Daß die Gewichte nicht herabfielen, wurde leicht durch ein Paar Stäbchen bewirkt, die, von dem Drahte unter der Glocke aus, nach dem Deckel der Büchse hin gingen und den Gewichten gleichsam begegneten. — Alles sank wieder, da Luft zugelassen wurde.

„Dieser Versuch," rief Ferdinand, ist ja derselbe, nur mit einem Zusatze, als der mit der bloßen schlaffen zugebundenen Blase, welche unter die Glocke auf den Teller der Luftpumpe gelegt wurde." — Herr Waltersdorf bejahete dies, und machte dann noch folgende Veränderung mit demselben Experimente.

Er nahm ein hohles kugelförmiges Glas, oben mit einer Oeffnung. In diesem Glase befand sich

eine ausgedehnte Blase, welche mit dem Rande ihrer Oeffnung über die Oeffnung des Glases gespannt und befestigt war. Sie hatte eine solche Ausdehnung, daß zwischen ihr und der innern Fläche des Glases nur wenig Luft seyn konnte. Die äußere Luft hatte mit der Luft der Blase Verbindung; die Luft zwischen der Blase und der innern Fläche des Glases aber war verschlossen. Eine solche Blase, sagte Herr Waltersdorf, soll die Lunge, das Glas die Brusthöhle vorstellen, und deswegen hat man diese Vorrichtung ein Lungenglas genannt.

Das Lungenglas wurde unter die Glocke der Luftpumpe gestellt, und dann wurde die Luft herausgepumpt. Da dehnte sich nun die verschlossene zwischen dem Glase und der Blase befindliche Luft aus, und die Blase fiel bald zusammen. — So glaubte man würde auch die Lunge der Thiere durch die Luft der Brusthöhle zusammengepreßt, wenn man den Thieren unter der Glocke die Luft aus der Lunge zöge, und

dies wäre auch die Ursache von dem Tode der Thiere auf der Luftpumpe. Man bedachte aber nicht, daß die Thiere auch sterben (freylich erst nach längerer Zeit als auf der Luftpumpe), wenn man sie so unter die unausgepumpte Glocke einsperrt, daß sie keine frische Luft erhalten. Denn nach und nach verzehren sie ja aus der Luft den zum Athmen dienenden Sauerstoff, oder denjenigen Bestandtheil der atmosphärischen Luft, welcher allein das Leben erhält. In einer sehr verdünnten Luft sterben sie nur um so schneller, weil da auch der Vorrath des Sauerstoffs viel geringer ist, oft so geringe, als er mit einem einzigen Athemzuge bis zur Tödtlichkeit verdorben werden kann. Doch, hiervon wird bey einer andern Gelegenheit mehr vorkommen.

Nun mußte auch ein lebendiger Frosch unter die Glocke der Luftpumpe. Dieses Thier, welches zwischen seinen Häuten und in seinen Höhlungen viele Luft enthält, schwellte zu einer bedeutenden Dicke an, als die Luft unter der Glocke verdünnt wurde. Als

man wieder Luft zuließ, fiel er wieder zusammen, und wurde sogar noch dünner als vor dem Pumpen, weil auch manche Luft aus seinem Innern mit hinweggepumpt worden war, die beym Hinzulassen der Luft nicht wieder nach derselben Stelle hin gerieth.

Herr Waltersdorf schraubte jetzt eine ekkigte, mit Luft gefüllte, wohl verschlossene Flasche auf die Luftpumpe, stürzte eine Glocke darüber, und pumpte die Luft aus dieser hinweg. Bald zersprang die Flasche mit einem Knalle wegen der darin eingeschlossenen Luft, welche sich ausgedehnt hatte. Damit das Glas nicht umher spritzte, so war über die Flasche ein Drahtnetz gehängt worden. — Eine viereckigte Flasche wurde auch zersprengt, wenn man sie mit ihrem abgeschliffenen Rande eben so wie die gewöhnlichen Glocken auf den Teller der Luftpumpe setzte.

„Aber,“ fragte Ferdinand, „warum springen die runden Glocken nicht, unter welchen man die Luft

oft so außerordentlich stark verdünnt?“ — Eben weil sie rund und gewölbförmig sind, erwiederte Herr Waltersdorf. Ein Gewölbe stürzt deswegen nicht ein, weil alles zugleich nach einem Punkte hin fallen will, welches doch unmöglich geschehen kann.

Fünf und zwanzigstes Kapitel.

Von dem Grade der Verdünnung der Luft insbesondere.

Um zu sehen, wie vielmal mehr die Luft unter der Luftpumpe verdünnt wird, als es je in der Natur geschieht, so schritt Herr Waltersdorf zu folgendem Versuche. Er steckte in ein zur Hälfte mit Quecksilber gefülltes Gläschen ein oben verschlossenes, ebenfalls mit Quecksilber gefülltes ohngefähr 3 Zoll hohes Glasröhrchen. Natürlich floß das Quecksilber (wegen des einseitigen Drucks der Luft) nicht aus dem Röhr-

chen heraus. Man konnte dieses Röhrchen für ein so tief gefallenes Barometer halten, als es in der Natur niemals fällt. Herr Waltersdorf setzte eine Glocke über diese Vorrichtung und pumpte die Luft darunter hinweg. Da sank denn das Quecksilber bald aus dem Röhrchen zu dem übrigen Quecksilber im Glase herab. Der Druck der Luft war also hier nicht einmal vermögend, das Quecksilber nur 3 Zoll hoch zu erhalten, da er es doch in der freyen Natur 28 Zoll hoch erhält. Verbindet man mit dem luftleeren oder luftverdünnten Raume ein ordentliches Barometer, so sinkt darin das Quecksilber gleichfalls immer niedriger und niedriger, je dünner die Luft wird. Das Instrument dient also trefflich, zu sehen, ob die Verdünnung immer mehr zunimmt, und ob in der Luftpumpe auch alle Theile so anschließen, daß in den luftleer gemachten Raum nicht wieder neue Luft eindringt. Denn wenn man auch eine Zeitlang aufhört mit Pumpen, so muß das

in dem Barometer gesunkene Quecksilber doch seinen nunmehrigen Stand unverrückt beybehalten.

Wie viel die Luft verdünnt worden ist, zeigt jenes Experiment eigentlich nicht, sondern nur, wie stark die wenige Luft drückt, welche noch in dem Recipienten ist. Dieser Druck kann aber auch mit von der übriggebliebenen Wärme oder von der Elasticität der Dämpfe herrühren, die noch im Recipienten sich befinden.

Genauer bestimmt man den Grad der Luftverdünnung durch die Birnprobe. Ein gläsernes unten offenes Gefäß von Gestalt einer Birn verläuft sich in eine oben verschlossene Röhre mit einer Skale. Das Instrument wird eben so unter eine Glocke gehängt, wie die Röhre bey einem der obigen Versuche, die man in ein Gefäß mit Quecksilber tauchte. Auch unter der Oeffnung der Birn befindet sich ein solches Gefäß mit Quecksilber auf dem Teller der Luftpumpe. Die Luft wird aus der Glocke gepumpt, und die untere Oeff-

nung der Birn durch einen Druck von oben unter Quecksilber gebracht. Nun wird wieder Luft zugelassen. Diese Luft treibt dann das Quecksilber in die Birn und in die Röhre hinauf, und zwar desto höher, je mehr die Luft verdünnt worden war. Die Vergleichung der zurückgebliebenen Luft mit dem Inhalte des ganzen Gefäßes zeigt den Grad der Verdünnung an.

Die Abtheilungen an der Skale der Röhre beziehen sich auf Hunderttheile, oder Tausendtheile ꝛc. der innern Höhlung oder des Inhaltes der Birn. Diesen Inhalt findet man am bequemsten dadurch, daß man den ganzen Raum mit Quecksilber füllt, welches man hernach wiegt, und wovon man bestimmte Theile in die Röhre thut. Wöge z. B. das Quecksilber 100 (Gran, Quentchen ꝛc.), so würde man erst 1, dann 2, dann 3 u. s. w. in die Röhre thun, und darnach dann die Abtheilungen der Röhre einrichten. — Ehe man die Birn wieder aus dem Quecksilber herausnimmt, muß man dieselbe Vorsicht anwenden, die man bey

dem Versuch mit der bloßen Röhre schon nöthig fand, und hier um so mehr, da eine akkurate Birnprobe nicht so leicht zu ersetzen ist.

Sechs und zwanzigstes Kapitel.

Von der Verdampfung im luftverdünnten Raume.

Herr Waltersdorf brachte jetzt eine Portion warmes Wasser, worin man eben die Hand leiden konnte, ohne sich zu verbrennen, in einem etwas hohen Gefäße unter die Glocke der Luftpumpe. Er fing an zu pumpen. Sobald die Luft nur etwas verdünnt worden war, fingen auch schon eine Menge Bläschen an, sich in dem Wasser zu bilden, welche mit zunehmender Geschwindigkeit nach der Oberfläche stiegen und da verschwanden. Setzte er die Verdünnung nur noch etwas fort, so kam das Wasser in ein wahres Kochen. Nun

sank bey ununterbrochenem Auspumpen das Quecksilber in dem an der Luftpumpe befindlichen Barometer nicht weiter herab; aber das Wasser in dem Gefäße verminderte sich, weil Herr Waltersdorf jetzt den immer neu sich bildenden Wasserdampf eben so hinwegpumpte, als vorhin die Luft. Hörte er einen Augenblick zu pumpen auf, so stieg sogar das Quecksilber wieder vermöge der Elasticität der Wasserdämpfe. Ließ er wieder Luft unter die Glocke, so schlug sich eine Menge Wasserdampf nieder und rann als flüssiges Wasser an den Seitenwänden der Glocke herab.

Dieses, sagte Herr Waltersdorf, ist wohl ein sicherer Beweis, daß die während des Experiments aus dem Wasser emporsteigenden Bläschen nicht blos Luft waren, welche die Zwischenräume des Wassers enthielten, sondern wirkliche Dämpfe vom Wasser, oder Wasser, das der Wärmestoff auflöste und in die Höhe riß. Erst bey der Lehre von der Wärme kann die Eigenschaft der Dämpfe gehörig erläutert werden.

Folgendes soll nur dienen, das Bisherige besser zu verstehen.

Wenn die Menge und Elasticität des Wärmestoffs (den wir uns als eine eigenthümliche elastische Materie denken wollen) in dem Wasser zunimmt, so kann er Wassertheilchen äußerst fein auflösen, so fein, daß er mit ihnen in unsichtbarer Gestalt in die Höhe steigt. Die Gewalt des Emporsteigens wird endlich so stark, daß er unaufgelöste Wassertheilchen von der Oberfläche eine Strecke weit mit emporhebt, und dann sagen wir das Wasser siede oder koche. Fänden die emporsteigenden Theilchen über sich kein Hinderniß, so würden sie sehr leicht in die Höhe kommen können. Nun aber ist Luft über dem Wasser, welche erst zur Seite geschoben werden muß. Je dünner diese Luft oder dieses Hinderniß ist, desto leichter und früher muß begreiflich das Aufsteigen der Wärme mit den Wassertheilchen von statten gehen. Wenn man also unter der Glocke der Luftpumpe den Druck der

Atmosphäre vermindert, so muß wohl das Verdampfen bey einerley Temperatur geschehen; es kann endlich so heftig werden, daß die ganze Flüssigkeit schon bey der gewöhnlichen Wärme der Luft in ein heftiges Aufwallen oder Kochen geräth.

Unter eine durchbrochene Glocke mit luftdichtem Stifte brachte Herr Waltersdorf ein kleines Gläschen voll Schwefeläther (die Verbindung der Vitriolsäure mit dem höchst gereinigten Weingeist). Er hatte das Gläschen mit einer naß gemachten Blase so gut verbunden, daß während des Auspumpens der Luft aus dem innern Raume der Glocke gar nichts von der Flüssigkeit verdampfen konnte. Aber nun durchstach er die Blase mittelst des Drahts von oben. In demselben Augenblicke verwandelte sich der aufwallende Aether in einen elastischen Dampf, welcher den innern Raum der Glocke erfüllte und das gefallene Barometer der Luftpumpe sehr hoch emportrieb. — Also wieder ein Beweis, daß beym Auspumpen der Luft noch an-

dere Stoffe mittelst ihrer Elasticität auf Körper im luftleeren Raume wirken können.

Sieben und zwanzigstes Kapitel.

Von der Kunst die Luft zu wägen und vom Manometer.

Das Gewicht einer Quantität Luft genau zu finden, fuhr Herr Waltersdorf fort, ist sehr schwer; wie man es macht, sollst du, lieber Ferdinand, auch erfahren. — Oder, könntest du vielleicht selbst ein solches Mittel aussinnen?

Ferdinand bedachte sich ein Paar Augenblicke. Dann, meynte er, er habe das Mittel gefunden. Man brauche ja blos eine Schweinsblase oder Rindsblase luftleer zu machen, und sie so zu wägen; darauf sie mit Luft zu füllen (sie aufzublasen) und wieder zu wägen. Der Unterschied ihres Gewichts müsse wohl dem

Gewicht der Luft gleich seyn, die in der Blase enthalten wäre.

Allerdings, fiel Herr Waltersdorf ein, läßt sich eine solche Verfahrungsart denken; sie ist aber schwer auszuführen und giebt auch zu wenig Genauigkeit. Denn erstens sind die Blasen so klein, daß ein begangener Fehler beym Versuch gar zu viel austrägt. Zweytens läßt sich die Luft nicht gut aus der Blase hinwegnehmen, und drittens läßt sich die Blase nie vollkommen auftreiben. Man hat daher ein anderes besseres Verfahren ausfindig gemacht.

Man nimmt ein bouteillenförmiges Glas, das mittelst eines am Halse befindlichen Hahns genau verschlossen und an die Luftpumpe geschraubt werden kann. Vorher aber wiegt man dieses Glas auf einer empfindlichen Waage genau ab. Auf der Luftpumpe pumpt man dann die Luft so viel als möglich heraus. Hängt man es nun wieder an die Waage, und wägt es abermals genau ab, so müßte begreiflich

der Unterschied das verlangte Gewicht der in dem Glase enthaltenen Luft anzeigen, wenn man annehmen könnte, daß alle Luft aus dem Glase hinweggeschaft worden sey. Dieses ist nun aber nicht geschehen. Man muß die zurückgebliebene Luft wieder mit in Anschlag bringen; und dazu dient das folgende Verfahren.

Das möglichst luftleer gemachte Glas bringt man mit dem Halse unter Wasser. Oeffnet man nun unter Wasser den Hahn, so strömt das Wasser wieder hinein und füllt den ganzen luftleeren Raum aus. Wäre alle Luft aus dem Glase hinweg gewesen, so würde auch das Wasser den ganzen innern Raum des Glases erfüllt haben. Dieses ist aber nicht der Fall. Es bleibt ein Theil Luft in dem Glase übrig, welcher in den Hals des Glases tritt, wenn man dasselbe umkehrt. Er kann von da in ein anderes hierzu eingerichtetes Gefäß mit Wasser geleitet und daselbst gewogen werden. Der Raum mit dieser Luft von den

obigen abgezogen, giebt zum Reste den Raum mit der Luft, welche man wirklich gewogen hat. – So wird man genau gewahr, wie viel ein gewisser Raum voll Luft wiegt. Man kann auch den nach dem Auspumpen in dem Glase zurückbleibenden Theil Luft auf eine noch bequemere Art mittelst der Birnprobe in Erfahrung bringen. Gesetzt z. B. die Verdünnung sey (nach Angabe der Birnprobe) 200fach gewesen, so setzt man $\frac{1}{200}$ des an der Waage gefundenen Gewichts hinzu, um das ganze in der Kugel enthaltene Gewicht von Luft zu bekommen. Dies braucht man nur noch mit einer gleich großen Masse Wasser zu vergleichen, wenn man das specifische Gewicht der Luft wissen will.

Bekanntlich ist die Dichtigkeit und Elasticität der Luft nicht immer eine und dieselbe; deswegen kann das Gewicht einer gewissen Quantität Luft nicht immer auf gleiche Art ausfallen. Auch sind immer bald mehr, bald weniger Wassertheilchen in der Luft aufgelöst,

die man mit gewogen hat; und so lassen sich die Schwierigkeiten, welche dieses Verfahren begleiten, nie ganz aus dem Wege räumen. Indessen hat man doch gefunden, daß bey einer Barometerhöhe von 27 Zoll und 8 Linien, bey einer Temperatur von 65 Grad nach dem Fahrenheitschen Thermometer und bey nicht sehr feuchter Luft das Gewicht einer Luftkugel von $119\frac{1}{2}$ rheinländischen Decimal-Kubikzollen Inhalt $73\frac{1}{2}$ Gran Medicinalgewicht beträgt. Daraus hat man denn berechnet, daß ein rheinländischer Decimal-Kubikzoll Luft $\frac{147}{239}$ Gran Medicinalgewicht wiege. Setzt man diese Berechnungen weiter fort, so wird man finden, daß die Luft im Durchschnitt 800mal leichter ist, als Wasser.

Ferdinand sah auch eine sogenannte Luftwaage, einen Dasymeter, Manometer (Dichtigkeitsmesser oder Lockerheitsmesser der Luft), wie Fig. 8. Taf. VI. An einen bey *e* unterstützten Waagbalken

a b hing bey *c* ein kleines Bleygewicht, bey *d* eine große hohle Kugel, die man auch, wenn man wollte, luftleer machen und mittelst eines Hahns verschließen konnte. Bey *e* war der Waagbalken unterstützt, und die Zunge diente als Zeiger, indem sie über einen eingetheilten Gradbogen hin und her spielte. Auch war wohl an der Welle des Waagbalkens ein besonderer Zeiger. Mit dieser Vorrichtung konnte Herr Waltersdorf dieselben Versuche machen, wie mit dem Kork und der Bleykugel Fig. 2. Auch in freye Luft gesetzt, stieg die hohle Kugel bey zunehmender Dichtigkeit der Luft; sank aber bey abnehmender Dichtigkeit.

Ehe Herr Waltersdorf diese Stunde schloß, machte er seinen Schüler auch noch auf diejenigen Versuche aufmerksam, die er schon bey der Porosität (Th. I.) angestellt hatte, vorzüglich auf den mit dem Silberregen.

Acht und zwanzigstes Kapitel.

Von der Zusammenpressung oder Verdichtung der Luft.

Könnte man — so fuhr Herr Waltersdorf am folgenden Tage fort — in ein Gefäß, welches Luft von natürlicher Dichtigkeit enthält, noch immer mehr Luft hineinschaffen, so würde die Luft in dem Gefäße comprimirt oder verdichtet werden. Ist z. B. ein kugelartiges metallenes Gefäß B Fig. 7. an einen Cylinder A befestigt, in welchem ein dichter Kolben *a* mittelst einer Kolbenstange *a b* auf und nieder getrieben werden kann, und ist bey *c* ein Kegelventil, welches sich nach B zu öffnet, so hat man eine Compres=

sionspumpe, die auf folgende Art bearbeitet wird.

Erst zieht man den Kolben von *c* an hinaufwärts. Es entsteht dann hinter ihm ein luftleerer Raum. Dieser wird aber wieder mit Luft gefüllt, sobald der Kolben vor einer kleinen Oeffnung vorbey ist, die sich in der Seitenwand des Cylinders befindet. Stößt man nun den Kolben wieder hinunter, so preßt man die eingeschlossene Luftsäule durch das Ventil hindurch in das Gefäß B. Das Ventil schließt sich dann wieder, nicht blos durch den Druck der darauf wirkenden spiralförmigen Stahlfeder, sondern auch durch den Druck der verdichteten Luft in dem Gefäße. Man zieht den Kolben wieder bis über die Seitenöffnung des Cylinders hinauf, der Cylinder füllt sich dann wieder mit Luft, die der Kolben wieder in das Gefäß B stößt. Je länger man diese Operation fortsetzt, desto dichter wird die Luft in dem Gefäße B.

Diese verdichtete Luft wirkt nun, wegen ihrer

ausdehnenden Kraft, auf die Wände des Gefäßes. Entstände in dem Gefäße plötzlich eine Oeffnung, so würde die verdichtete Luft mit Gewalt herausstürzen, und läge vor der Oeffnung ein fester Körper, so würde dieser dadurch weit fortgetrieben werden. Eine solche Bewandniß hat es mit den Windbüchsen. In dem Kolben des Gewehrs befindet sich ein starkes hohles eisernes Gefäß mit einem Kegelventile, wie *c* Fig. 7. Ueber das Ventil wird der Cylinder A festgeschraubt. Mit ihm verdichtet man die Luft in dem Gefäße auf die beschriebene Weise. Dem Ventile *c* gegenüber fängt der Lauf des Gewehrs an. Sein innerer Raum communicirt durch eine kleine Oeffnung mit dem Raume des Gefäßes. Diese Oeffnung ist aber auch durch ein Kegelventil geschlossen, welches man durch den Druck eines Häkchens auf einen Augenblick öffnen kann. Eine Feder drückt es denn gleich wieder zu. Vor dem Ventile liegt die Kugel in dem Laufe, die man auf einem Scheibchen Leder hinuntergestoßen hatte. Das Häk-

chen aber ist so mit einem gewöhnlichen Flintenschlosse verbunden, daß, wenn man dieses abdrückt, das Häkchen das Ventil öffnet. Es stürzt dann ein Theil der verdichteten Luft heraus und treibt die Kugel fort. Das Ventil schließt sich aber sogleich wieder, damit man mehrere Schüsse aus dem Gewehr thun könne, ehe man die Luft darin von neuem verdichtet. Freylich werden die folgenden Schüsse immer etwas schwächer als die vorhergehenden. Ist die Luft in der Windbüchse hundertmal dichter als die äußere Luft, ist der Lauf 4 Fuß lang und die herauszuschießende Bleykugel $\frac{3}{8}$ Linien dick, so fliegt letztere ohngefähr 628 Fuß weit. Uebermäßig stark darf man die Luft wegen der Gefahr des Zersprengens ja nicht verdichten.

Mit einer solchen Compressionspumpe, wie Fig. 7. könnte man auch ein Gefäß verbinden, welches Wasser enthält. Auf dem Wassergefäße könnten Röhren sich befinden, durch die das Wasser von der verdichteten Luft sehr hoch emporgetrieben würde. — Von Mol-

lets Compressionspumpe, (Th. I. Taf. II. Fig. 8.) welche dient, durch eine starke und schnelle Verdichtung der Luft nicht blos Wärme zu erregen, sondern auch Zunder anzuzünden, werde ich erst bey der Wärme ausführlicher reden.

Einen sehr artigen Verdichtungsversuch machte Herr Waltersdorf noch mit der Luftpumpe, Fig. 5. Taf. VI. Er befestigte den Hals einer kleinen Federharzflasche mit Bindfaden um das Ende *i* der Röhre *h i*, und verdichtete die Luft darin. Die Flasche dehnte sich dadurch so sehr von einander, daß sie größer wurde als der dickste Menschenkopf. Endlich sprang sie mit einem Knalle.

Hierher — so schloß Herr Waltersdorf vorerst seinen Unterricht — kann man nun auch fast alle Versuche rechnen, die wir bey der Elasticität der Luft mit dem Heronsballe, Heronsbrunnen, mit dem Cartesianischen Teufelchen ꝛc. angestellt haben. Die Wirkungen wurden daselbst, wie auch

bey dem Windkessel der Feuerspritzen, durch eine zusammengepreßte Luft erzeugt, die mit der verdichteten einerley Eigenschaften hat, oder vielmehr selbst eine verdichtete Luft ist.

Neun und zwanzigstes Kapitel.

Von der Wärme und Kälte im Allgemeinen.

Wärme und Kälte, so fing Herr Waltersdorf die nächste Lection an, sind gewisse Empfindungen, welche wir beym Berühren anderer Körper haben, Empfindungen, die sich nicht beschreiben lassen. Wir wollen einmal eine eigenthümliche Materie, eine Wärmematerie oder einen Wärmestoff annehmen, welcher äußerst fein, bey weitem feiner, als unsere atmosphärische Luft ist. Dieser Wärmestoff umströmt die Theilchen aller Körper. Eine Art von Verwand-

schaft (oder eine Ziehkraft) hält gleichsam den Wärmestoff an den Theilchen der Körper fest. Ist diese Verwandschaft größer, so halten die Theilchen der Körper mehr Wärmestoff an sich fest, oder auch der Wärmestoff verbindet sich genauer und inniger mit ihnen. Das Gegentheil wird statt finden, wenn jene Verwandschaft geringer ist. Sind die Theilchen eines Körpers von der Art oder in dem Zustande, daß sie noch Wärmestoff aufnehmen können, so thun sie dies, wenn es ihnen nicht an Gelegenheit dazu fehlt. Berühren sich zwey Körper, deren Theilchen eine verschiedenartige Verwandschaft zu dem Wärmestoffe haben, so wird derjenige Körper, dessen Theilchen die größte Verwandschaft zu dem Wärmestoffe besitzen, dem andere Körper noch Wärmestoff rauben, und zwar so lange, bis ein gewisses Gleichgewicht mit der Ziehkraft erfolgt ist.

Hieraus lassen sich nun schon manche verschiedenartige Empfindungen der Wärme erklären, und manche

Erscheinungen, die wir an andern sich berührenden Körpern wahrnehmen, besonders, wenn wir auch dem Wärmestoffe eine große Elasticität und folglich auch eine starke ausdehnende Kraft beylegen.

Wir nennen z. B. einen Körper kalt, wenn er uns Wärme entzieht. Fasse ich des Winters an eine in freyer Luft befindliche Eisenstange, so habe ich an der Hand die Empfindung von Kälte. Die Eisenstange war in dem Zustande, daß die Ziehkraft ihrer Theilchen vermöge der Verwandschaft sich mit noch mehr Wärmestoff, der den Theilchen fehlte, ins Gleichgewicht setzen wollte. Dazu konnte die Ziehkraft gelangen, als ich die Eisenstange mit der Hand berührte. Gierig zogen die Eisentheilchen mir Wärmestoff aus der Hand; und dieser Verlust an Wärmestoff brachte meiner Hand das Gefühl von Kälte bey. Kälte ist also immer ein Mangel an Wärmestoff.

Ein hoher Grad von Wärme wird Hitze genannt. Dieser kann herrühren entweder von einer großen Sum-

me von Wärmestoff des Körpers, oder von einer sehr starken Zunahme der Elasticität des Wärmestoffs. Alles dieses kann erst weiter unten deutlicher gemacht werden. — Lau nennen wir einen Körper, welcher unserm Gefühl nur wenig wärmer, als unser eigener Körper erscheint.

Die Luft in einem guten Keller nennen wir des Winters warm, des Sommers kühl. Im Winter ist unser Körper in dem Zustande, daß er in umgebenden wärmern Materien gern Wärmestoff an sich reißt; es mag dieses nun von einem wirklichen Mangel an Wärmestoff herrühren, oder von einer stärkern Ziehkraft der Theilchen unseres Körpers, vermöge welcher dieser noch Wärmestoff aufnehmen kann. Kurz, die Luft im Keller giebt ihm noch einen Zuschuß von Wärmestoff. Im Sommer ist der Fall gerade umgekehrt; da hat unser Körper Ueberfluß an Wärmestoff, oder die Ziehkraft der Theilchen ist so geringe, daß sie an stärker ziehende Theilchen gern Wärmestoff absetzt,

und dies geschieht nun eben in der kältern Kellerluft.

Da die Körper in Hinsicht ihrer Dichtigkeit, so wie in Hinsicht der Beschaffenheit, Struktur und Lage ihrer Theilchen so sehr verschieden sind, so läßt es sich auch recht gut denken, warum Körper, die von einerley erwärmendem Mittel umgeben sind, doch nicht auf einerley Art erwärmt werden, daß der eine mehr und schneller, der andere weniger und langsamer Wärmestoff aufnimmt. Diejenigen Körper, welche einem umgebenden Mittel oder einem berührenden Körper nicht leicht die Wärme rauben (oder ihm auch nicht viel Wärme rauben) heißen schlechte Wärmeleiter.

Wenn man im Winter mit nacktem Fuße auf einen polirten Nagel tritt, so hat man eine sehr starke und unangenehme Empfindung von Kälte, weil der Nagel, als ein guter Wärmeleiter dem Fuße sehr schnell und viel Wärme raubt. Tritt man aber auf einen Haufen darneben liegende Baumwolle, so hat man

diese Empfindung von Kälte ganz und gar nicht, weil die Baumwolle ein schlechter Wärmeleiter ist. Legen wir auf einen heißen Ofen Stücke von folgenden Körpern: von Eisen, von Stein, von Ziegeln, von Holz; so werden wir uns verbrennen, wenn wir das Eisen und den Stein anfassen; doch wird das Verbrennen stärker beym Eisen als beym Steine seyn. Das Stück Ziegel werden wir ohne uns zu verbrennen hinwegnehmen können; wir werden vielleicht blos eine unangenehme Empfindung von Hitze haben. Das Stück Holz aber werden wir selbst ohne eine solche unangenehme Empfindung hinwegnehmen können. Wir schliessen hieraus, daß unter diesen Körpern Eisen der beste Wärmeleiter ist, Holz der schlechteste und daß ihre Wärmeleitungskraft nach der Ordnung abnimmt, wie ich die Körper nach einander genannt habe.

Es ist eine allgemeine Erfahrung, daß die Eyer an dem spitzigen Ende kälter sind, als an dem stumpfen. Der Grund hiervon ist folgender. An dem

stumpfen Ende liegt inwendig das mit Luft gefüllte Häutchen, oder eine kleine Luftblase, die ein schlechter Wärmeleiter ist. An dem spitzen Ende aber liegt das Häutchen ganz an, und da wirken nun die Theile des Eyes selbst unmittelbar auf unsere Finger. Diese Theile sind bessere Wärmeleiter als die Luft, folglich rauben sie unsern Fingern mehr Wärme und erregen in denselben eine stärkere Empfindung von Kälte.

Die vielerley Körper, die es giebt, sind also, als Leiter der Wärme betrachtet, sehr verschiedenartig. Die besten Wärmeleiter sind die Metalle. Weniger gute Wärmeleiter sind die Steine, und zwar desto weniger, je lockerer sie sind. Gebrannter Thon, (z. B. Ziegel, Töpferwaare ꝛc.) ist ein viel schlechterer Wärmeleiter, als natürliche Steine. Gute Wärmeleiter erkalten auch schnell, d. h. sie setzen den Wärmestoff eben so leicht auch wieder an andere Körper ab. So wird z. B. ein eiserner Ofen schneller heiß und heißer als ein thönerner, aber er erkaltet auch

schneller wieder, wenn der Zufluß von Wärmestoff aufhört. — Eigentlich schlechte Wärmeleiter sind Holz, (unter allen Holzarten am schlechtesten Kork), Stroh, Leinwand, Baumwolle, Wolle, Seide, Federn, Pelzwerke, Horn, Schnee, Kohlen, Asche ꝛc.

Manche Metalle sind wieder besser, andere schlechter wärmeleitend. Nach der Classifikation des berühmten Physikers Ingenhouß folgen die Metalle vom besten bis zum schlechtesten Wärmeleiter so: Silber, Gold, Zinn, Kupfer, Eisen, Platina, Bley. Nach den neuern Versuchen des Böckmann aber, die ganz besonders viel Zutrauen verdienen, verhalten sich die wärmeleitenden Kräfte auf folgende Weise:

Wismuth - - - -	1000
Spießglanzmetall - -	880
Bley - - - - -	833
Zinn - - - - -	652

Gold - - - - -	455
Silber - - - - -	439
Nickelmetall - - - -	418
Zink - - - - -	406
Kupfer - - - - -	339
Eisen - - - - -	305

Nach diesen Versuchen wäre also das Eisen der schlechteste Wärmeleiter unter den aufgeführten Metallen; Bley gehörte mit unter die besten; es wäre über noch einmal so gut leitend, als Eisen.

Auch die verschiedenen Holzarten sind in Hinsicht ihrer Wärmeleitungskraft verschieden. Sie folgen vom besten bis zum schlechtesten Leiter so: Linden, Tannen, Fichten, Erlen, Föhren, Wintereichen, Birken, Birnbaum, Sommereichen, Ulmen, Zwetschen, Rothbuchen, Eschen, Apfelbaum, Ebenholz.

Die Kenntniß von der Verschiedenheit der Wärmeleitungskraft der Körper ist in verschiedenen Ge-

werben, bey verschiedenen Beschäftigungen des Menschen, und bey mancherley Vorfällen im Leben von großem Nutzen. Oft sehen wir auch im gemeinen Leben ihre Wirkung, ohne etwas weiter dabey zu denken.

Warum halten z. B. Strohhütten oder auch nur Strohdächer den innern Raum im Sommer kühl und im Winter warm? Natürlich weil sie schlechte Wärmeleiter sind. Im Sommer nehmen sie die Wärme der äußern Luft nicht auf und leiten sie also auch nicht durch sich hindurch ins Innere; im Winter nehmen sie die innere Wärme nicht an, und leiten sie also auch nicht durch sich hindurch ins Aeussere. Natürlich giebt man auch den Eisgruben blos deswegen hölzerne Wände und Strohdächer, um dadurch die äußere Wärme abzuhalten.

Kohlpfannen und andere mit heißen Materien gefüllte Metallgefäße bekommen hölzerne oder mit Stroh umwundene Handgriffe. An metallenen würde man sich verbrennen. Bäume

und Brunnen werden im Winter mit Stroh bewikkelt, um die innere Wärme beysammen zu erhalten. Eben so schützt der Schnee die Saat vor dem Erfrieren. Streut man Asche in die Hand, so kann man eine glühende Kohle hineinlegen, ohne sich zu verbrennen.

Gewiß, lieber Ferdinand, hast du schon von feuerfesten Anstrichen und Ueberzügen gehört, womit man Holz, sogar Stroh und Papier gegen Feuer schützt. Solche Anstriche und Ueberzüge bestehen aus Materien, welche schlechte Wärmeleiter sind. Auch die künstlichen Einreibungen der sogenannten Feuermenschen gehören hierher, welche mit bloßen Füßen auf glühendem Eisen tanzen, glühendes Eisen über die Zunge ziehen, geschmolzenes Bley in die hohle Hand nehmen, kochendes Oehl verschlucken ꝛc. Die Zubereitungen zu allen diesen Sachen werden auf folgende Art gemacht.

Herr Glaser hat einen feuerschützenden Anstrich

für Holzwände empfohlen, der aus 3 Theilen geschlämmten Lehm, 1 Theile geschlämmten Thon und 1 Theile Kleister aus Roggenmehl besteht. Er ist recht gut und bewährt gefunden worden. Nur in der Nässe ist er von keiner langen Dauer. Der Franzose Boulard löste Potasche in Wasser auf, und rührte so viele Lehmerde darunter, bis die Mischung die Dicke einer gewöhnlichen Holzfarbe erhielt. Zuletzt rührte er noch etwas Mehlkleister hinzu, um jene Sachen gut mit einander zu verbinden. Mit dieser Mischung bestrich er das Holzwerk (z. B. Wände, Breter, Dächer ꝛc.) drey = bis viermal, und so verwahrte er das Holz länger als zwey Stunden gegen die Wirkungen des Feuers.

Wenn man $\frac{1}{2}$ Pfund Alaun und 4 Loth Vitriolsäure unter 2 Pfund Wasser thut, so bekommt man das Mittel, womit die Feuermenschen Theile ihres Körpers reiben, um sie vor dem Einflusse sehr starker Hitze zu sichern, um glühendes und geschmolzenes Me-

tall in die Hand zu nehmen, mit bloßen Füßen darauf zu tanzen u. d. gl. Ein solcher Mann schmolz einst eine Quantität Metall, das er für Bley ausgab. Er trat so lange mit bloßen Füßen darauf herum, bis es ganz erkaltet war. Das Metall war aber kein Bley, sondern eine leicht schmelzende Metallcomposition (das Rosesche Metallgemisch, welches wir in der Folge werden kennen lernen, aus Bley, Zinn und Wismuth). Diese Composition schmelzt schon in kochendem Wasser, und hat folglich auch im geschmolzenen Zustande keinen hohen Grad von Hitze.

Derselbe Feuermann verschluckte Provenceröhl, als es scheinbar kochte. Das Oehl war aber mit Wasser gemengt, welches sich in der Wärme von dem Oehle trennte, das mithin nicht so sehr heiß werden konnte.

Kleider, welche Hitze abhalten, womit man sogar mitten durch die Flammen eines brennenden Gebäudes gehen kann, hat unter andern Herr Palmer in

Braunschweig angegeben. Man breitet nämlich auf dichtes und mit Wachs geriebenes Leinen eine dicke und trockne Lage Wolle aus, die mit Kohlenpulver bestreut ist. Man legt dann ein dichtes wollenes Zeug darauf, und näht das Ganze an den Seiten und in kleinen Vierecken in der Mitte an. Auf das wollene Zeug, welches die äußere Fläche des Rocks zu bilden bestimmt ist, bringt man mit Leim eine oder zwey Lagen von einem Pulver, welches aus 1 Theile reinen Schwefel, 1 Theile rothen Ocker und 6 Theilen Eisenvitriol besteht. Verfertigt man hieraus einen vollständigen Anzug sammt Mütze und Maske, so soll man damit durch die stärksten Flammen gehen können.

Papier, das sehr schwer in Brand kommt und niemals in Flammen ausbricht, kann man hervorbringen, wenn man das fertige Papier vor dem Leimen in eine Vitriolauflösung, auch wohl in eine Potaschenauflösung taucht. Auch das oben angeführte Gemenge von Alaun, Vitriolsäure und Wasser ver-

setzt Papier und Kleidungsstücke in einen solchen Zustand.

Ziegel aus dem Mineral, welches man Steinschwamm (Agaricus mineralis) nennt, so wie aus dem, welches den Namen Bergmehl (Farina fossilis) führt, sind gleichfalls so schlechte Wärmeleiter, daß sie treflich zu feuerschützenden Bedeckungen dienen würden. — Ueberhaupt können alle beschriebene Mittel zur Verringerung dee Wärmeleitungskraft gegen und in Feuersgefahr großen Nutzen stiften.

Horn ist, wie wir wissen, ein schlechter Wärmeleiter. Menschen, die sehr schwere Handarbeiten verrichten, bekommen nach und nach einen hornartigen Ueberzug über die innere Fläche der Hand, so daß sie sich in derselben nicht leicht mehr verbrennen können. So sind Schmiede oft im Stande, glühende Kohlen in die Hand zu legen, und sie längere Zeit ohne ein unangenehmes Gefühl von Hitze darin liegen zu lassen.

Man hat sogar Beyspiele, daß Arbeiter in Kupferhütten geschmolzenes Kupfer in die hohle Hand nahmen, es in derselben eine Zeitlang herumlaufen und erkalten ließen.

Unbedeckte Theile des menschlichen Körpers bekommen eine härtere Haut und werden unempfindlicher gegen die äußern Einwirkungen der Wärme und Kälte. Man hat oft ein Gefühl von Wärme, wenn man des Sommers eine Hand in fließendes Wasser steckt; kommt man aber mit andern bedeckt gewesenen Theilen des Körpers hinein, so findet man es oft zum Schaudern kalt. Eben so können wir oft eine Hand in heißem Wasser leiden; kommen wir aber mit andern bedeckt gewesenen Theilen des Körpers hinein, so können wir die Hitze nicht ertragen, können uns oft sehr großen Schaden thun. Bey dem Gebrauch warmer Bäder ist daher große Vorsicht nöthig. Wir dürfen uns bey Schätznng der Wärme nicht auf das bloße Wärmegefühl in der Hand verlassen, weil dieses Gefühl

bey verschiedenen Menschen sehr verschiedenartig seyn kann.

Die Fortleitung der Wärme durch alle Theile der Körper geht immer, selbst bey guten Leitern mit großer Schwächung von statten. So hat z. B. der Franzose Biot durch viele Versuche gefunden, daß, um eine Eisenstange von $7\frac{1}{2}$ Fuß Länge an einem Ende nur um 1 Grad zu erwärmen, das andere Ende auf 23984 Grad erhitzt werden müßte, eine Hitze, die das Eisen gar nicht annehmen kann. — Wie übel würde es uns des Winters gehen, wenn die Luft sich nicht so beträchtlich durch Wärme ausdehnte! Wir würden unsere Zimmer fast gar nicht erwärmen können, wenn diese Erwärmung blos von der Fortleitung ohne jene Ausdehnung der Luft abhängig wäre.

Sehr merkwürdig ist die Erfahrung, daß Körper von dunklern Farben mehr erhitzt werden, und den Wärmestoff leichter durch sich hindurchlassen, als weiße Körper, oder überhaupt als Körper von hel-

lern Farben. Herr Waltersdorf nahm einen hohlen Würfel von Blech, dessen vier Seitenflächen inwendig und auswendig jede mit einer besondern Farbe angestrichen war. Die eine war ganz weiß, die zweyte gelb, die dritte braun und die vierte schwarz. Es ging ohngefähr 1 Maaß Wasser in den Würfel. Herr Waltersdorf goß kochendes Wasser in den Würfel, den er so gestellt hatte, daß sein Boden völlig horizontal stand, folglich jede Wand von gleich viel Wasser berührt wurde. Er hielt nun die Kugel eines sogenannten Luftthermometers Fig. 6 oder Fig. 7. Taf. IV. erst an die weiße Wand. Da trieb nun die eingeschlossene ausgedehnte Luft die Flüssigkeit in der Röhre bis zu einer gewissen Tiefe nieder. Er merkte sich die Stelle, wo sie stehen blieb. Alsdann hielt er die Thermometerkugel auf völlig gleiche Art an die gelbe Wand. In der That sank da die Flüssigkeit wegen der stärkern Ausdehnung der eingeschlossenen Luft noch tiefer nieder. Am allertiefsten sank sie, als Herr Wal-

tersdorf die Kugel an die schwarze Wand hielt. Diese hatte also den meisten Wärmestoff aus dem warmen Wasser genommen und durch sich hindurchgelassen.

Wenn man mehrere Streifen Tuch — fuhr Herr Waltersdorf nach diesem Versuche fort — auf Schnee legt, den die Sonne bescheint, so schmelzt der Schnee unter ihnen nicht gleich schnell hinweg; unter dem schwarzen Streifen schmelzt er am meisten, unter dem ganz weißen am wenigsten. Man kann dieses schon an dem mehr oder weniger tiefen Einsinken der Tuchstreifen wahrnehmen.

Ein schwarzer Acker wird unter gleichen Umständen schneller erwärmt, als ein anderer von einer hellen Farbe. Schwarze Oefen erwärmen schneller und besser als weiße, die daher allerdings nicht zweckmäßig sind. Schwarzes Papier entzündet sich im Brennpunkte eines Brennglases oder Brennspiegels eher, als jedes andere.

Es ist eine bekannte Erfahrung, daß weiße Kleider im Sommer kühler, im Winter wärmer halten, als Kleider von dunklen Farben. Im Sommer lassen sie die äußere Wärme (die Wärme der Luft) nicht gut durch sich hindurch; im Winter halten sie die innere Wärme besser beysammen, weil diese nicht so gut durch die weiße Hülle hindurchdringt.

Jetzt wollen wir aber auch einmal die Erregungsmittel der Wärme durchgehen. Diese Erregungsmittel an unsern irdischen Körpern sind folgende:

1. Das Reiben der Körper an einander.
2. Das Zusammendrücken oder Pressen der Körper, welches freylich auch eine Art Reibung der Körpertheilchen unter einander ist.
3. Die chemische Einwirkung verschiedenartiger Körper, wie der Proceß der Auflösungen, Niederschläge, Gährungen, Verwitterungen ꝛc.

4. Das Sonnenlicht, wo die für sich nicht warme Lichtmaterie vielleicht auch durch eine Art von Reibung oder Zusammendrückung auf die Körpertheilchen wirkt.

5. Die Mittheilung, wenn man nämlich Körper mit wärmern Körpern in Berührung bringt.

Wenn man nur die Hände an einander reibt, so wird schon dadurch eine merkliche Wärme erregt. Je heftiger und schneller das Reiben geschieht, desto stärker wird die Wärme. Die Wilden reiben bekanntlich zwey Hölzer, ein hartes und ein weiches so schnell an einander, daß eine Entzündung erfolgt. Auf diese Art machen sie ihr Feuer an. Ein Mechanikus Stockenschneider in Lüneburg that einmal den Vorschlag, die Zimmer ohne Holz und ohne Oefen durch bloße Reibung zu heitzen. Er meynte nämlich, wenn man zwey große Eisenscheiben durch eine Maschinerie (etwa durch ein Räderwerk) sehr schnell in Bewegung setzte, so würde dadurch eine

Wärme erregt werden, welche die Ofenwärme vollkommen ersetzen könnte. — Aber wenn dieses auch geschähe, so wäre doch noch gar viel gegen jenen Vorschlag einzuwenden. Wodurch würde man z. B. die Maschinerie in Bewegung setzen? Wollte man einen Menschen halten, der dieses thäte (wie bey den sogenannten Handmühlen)? Oder wollte man die Kraft des Windes und Wassers dazu benutzen? Wo und wie würde dieses angehen?

Es ist bekannt, daß Seile bey schneller Bewegung — wenn man sie etwa über Rollen und Scheiben zieht — sich oft bis zur Entzündung erhitzen; eben so die ungeschmierten Axen der Wagenräder und Maschinenräder, wenn ihre Bewegung sehr schnell geschieht. Man verbrennt sich die Hand, wenn man sich sehr geschwind an einem Seile herunterläßt; wenn man an eine Säge, an eine Feile und an einen Bohrer faßt, und zwar an die Stellen, wo diese Instrumente sich eben stark ge-

rieben hatten. Metallbohrer werden oft bis zum Glühen heiß durch das sehr heftige Reiben, und ihre Stahlschneide wird weich und unbrauchbar, wenn man sie nicht stets durch Wasser abzukühlen sucht. — Auch die Werkzeuge zum Drechseln (die Drehstähle) werden oft sehr heiß; so wie die Hämmer der Schmiede, auch wenn man Sachen kalt damit schmiedet, die Glättwalzen, Druckwalzen, Streckwalzen ꝛc. — Auch das gewöhnliche Feueranschlagen mit Stahl und Stein gehört hierher. Selbst ein hartes Stück Eis, am Stahl gerieben (oder geschlagen) bringt eine Erhitzung und Funken hervor.

Die Erregung der Wärme durch Zusammenpressung ist bey der Luft am auffallendsten und merkwürdigsten. Auf eine sehr lehrreiche Art sieht man dies an der Molletschen Pumpe, oder an derjenigen Pumpe (Th. I. Taf. II. Fig. 8.), welche der Franzose Mollet erfand. Da sie dient, durch starke und schnelle Compression der Luft nicht blos Wärme

zu erregen, sondern auch Zunder anzuzünden, so hat man sie pneumatisches Feuerzeug (Briquet pneumatique) genannt. Sie braucht zu diesem Behuf nur 5 Zoll lang zu seyn.

Der Haupttheil dieser Pumpe ist eine genau cylindrisch ausgebohrte metallene Röhre (Fig. 8. Taf. II. Th. I.), in welcher an einem Stempel ein gefetteter Kolben, der ganz genau an die innere Röhrenwand anschließt, auf und nieder bewegt werden kann. Das untere Ende dieser Röhre wird mit einer Art messingenem sorgfältig eingeschliffenem Stöpsel *b* verschlossen. Der Stöpsel hat inwendig auf seiner Grundfläche ein Häkchen, an welches man ein Stück Zunder befestigt. Ist nun der Kolben an der Stange *a* ganz zurückgezogen, und, wie bey der gewöhnlichen Compressionspumpe, mittelst eines kleinen jetzt vor dem Kolben in der Röhrenwand befindlichen Löchelchens eine ordentliche Luftsäule in der Röhre, die beym Hinunterdrücken gefangen genommen wird, so kommt es,

um eine Entzündung des Zunders zu bewirken, nur darauf an, daß die Zusammendrückung der Luftsäule sehr schnell und gewaltsam geschieht. Zu dem Zwecke nimmt man das Ende *b* in die flache Hand, setzt den Stämpel *a* auf einen Tisch oder gegen eine Wand, und stößt die Röhre sehr heftig hinunter. Aber auch fast in demselben Augenblicke zieht man den Stöpsel *b* heraus, weil sonst der brennende Zunder aus Mangel an Luft wieder erlöschen möchte.

Die durch eine solche Zusammenpressung der Luft erzeugte Hitze kann allerdings durch den verengten Wirkungsraum der in der Luft enthaltenen Wärmematerie veranlaßt werden. Höchst wahrscheinlich aber kommt hierbey auch Elektricität mit in's Spiel, oder vielmehr spielt die Elektricität die Hauptrolle bey dieser Erscheinung. Bey zwölffacher Verdichtung entsteht in der Molletschen Pumpe eine Wärme von 123 Grad nach dem Reaumürschen Thermometer.

Herr Waltersdorf machte das Experiment auch mit einer Pumpe, deren Röhre von Glas war. Natürlich mußte die Röhre inwendig genau cylindrisch ausgeschliffen seyn. Trefflich nahm sich dieses Experiment im Dunkeln aus. Man sah da, wie sich bey der Zusammenpressung der Luft zugleich ein herrliches Licht entwickelte.

Herr Waltersdorf lud jetzt eine Windbüchse sehr stark. Er schoß sie dann (ohne einen Körper in den Lauf zu thun) im Dunkeln gegen eine weiße Wand ab. In dem Augenblicke, wo dieses geschah, sah man ein helles Licht an der Wand.

Die Engländer, fuhr Herr Waltersdorf fort, sollen vor Kurzem die Molletsche Pumpe bey ihren Kanonen auf den Schiffen angewandt haben, wo sie das Pulver im Zündloche durch einen eignen Druck entzündet. Sie vertritt also hier die Stelle der Lunte (oder des Schlosses). Der Hauptzweck ihrer Anwendung soll hier eigentlich seyn, Feuersgefahren zu entfernen, die beym

gewöhnlichen Losschießen nicht immer zu vermeiden sind.

Herr Waltersdorf that einige Eisenfeile in ein Weinglas und goß eine starke Säure (Salpetersäure, auch wohl Schwefelsäure) darauf. In demselben Augenblicke fing die Säure an, das Metall aufzulösen; dabey entstand ein Aufbrausen und das Weinglas wurde so heiß, daß Ferdinand es kaum anfassen konnte. Nun ging er mit Ferdinand in's Freye. Er goß erst etwas Terpentinöhl in ein kleines irdenes Töpfchen, dann auch etwas Salpetersäure (Scheidewasser) und zuletzt concentrirte Schwefelsäure. Schon als erstere beyden Flüssigkeiten zusammen kamen, entstand eine Erhitzung; als aber die Schwefelsäure hinzugegossen wurde, brach alles sogleich in die heftigste Flamme aus. Die Flaschen, worin die Säuren befindlich waren, hatte Herr Waltersdorf aus Vorsicht an einen langen Stock gebunden, damit er selbst in ziemlicher Entfernung von

dem Töpfchen bleiben konnte, in welchem er das Experiment vornahm.

Solche Selbstentzündungen, lieber Ferdinand, durch manche verschiedenartige mit einander verbundene Körper (z. B. Schwefel und Erdharze) erregt, entstehen auch oft unter der Erde. Sie geben da den Grund zu den Erdbeben und Vulkanen ab. Im gemeinen Leben entzünden sich gleichfalls oft Körper von selbst, ohne daß wir es haben wollen. Feuchtes Heu, feuchtes Getreide und mehrere andere vegetabilische Substanzen, gehen zusammengeballt sehr leicht in Gährung über, wobey sie sich erhitzen und endlich sogar beym Zutritt der Luft in eine wirkliche Flamme ausbrechen. Dasselbe ereignet sich auch bey zusammengepackten Düngerhaufen, bey Gerberlohe, gerösteter Kleye, Malz, Mehl, Grütze, Erbsen, Bohnen, Kaffeebohnen, Cichorienwurzel, Torfhaufen, Sägespähnen u. d. gl.; ferner bey zusammenge-

ballter Wolle, Hanf, Haaren, Zeugen, u. s. w., wenn sie mit Oehl oder Talg befeuchtet, und von der Sonne oder an einem Ofen durchwärmt worden waren, so wie bey Mischungen von Ruß und gepreßten trocknenden Oehlen. Schon oft sind durch solche Selbstentzündungen Feuersbrünste entstanden, deren Grund man gar nicht aufspüren konnte. Man muß daher in der Aufbewahrung jener Körper ja sehr vorsichtig seyn. Auch in Steinkohlenbergwerken und Steinkohlenmagazinen fallen nicht selten sehr gefährliche Selbstzündnngen vor.

Der Phosphor (aus thierischen Knochen bereitet), eine Substanz, die wir erst in der Folge näher kennen lernen, entzündet sich an einem warmen Orte in freyer Luft oder durch gelindes Reiben schon von selbst, und muß daher stets unter Wasser aufbewahrt werden. Die Peylaischen Lichtchen oder Turiner Kerzen verbreiten, wenn sie durch Zufall zerbrechen, eine fürchterliche Flamme um sich her.

Diese Lichtchen bestehen aus baumwollenen gewichsten Dochten, die an einem Ende mit einer Mischung aus Phosphor, feinem Schwefel und einem wesentlichen oder destillirtem Oehle (z. B. Nelkenöhl, Terpentinöhl rc.) getränkt sind. Die Röhrchen sind an beyden Enden zugeschmolzen. Reibt man sie ein wenig mit der Hand und zerbricht sie dann etwas gegen das ungetränkte Ende des Dochtes zu, faßt den nun frey gewordenen Docht an und zieht ihn nach geschehener Auf- und Niederbewegung heraus, so geräth er sogleich in Flammen. — Da diese Lichtchen in den Händen unwissender und nachlässiger Menschen sehr gefährlich werden können, noch gefährlicher als Schießpulver, so sind sie mit Recht schon an vielen Orten verboten worden.

Der Pyrophor oder Luftzünder ist ein schwarzgraues Pulver, welches folgende Eigenschaften hat. Wenn man es auf Papier schüttet, so erhitzt es sich von selbst, besonders beym Anhauchen, und

bricht augenblicklich in Flammen aus. Es verbrennt unter einem starken Schwefelgeruche und hinterläßt eine weißgraue Asche. Man verfertigt dieses Pulver auf folgende Art.

Man nimmt 5 Theile gebrannten Alaun und 1 Theil feines Kohlenpulver und vermengt beyde Substanzen auf das genaueste. Dann schüttet man sie in eine kleine irdene Flasche mit einer engen Mündung. Ohngefähr zwey Drittel davon muß angefüllt werden. In einen Tiegel gesetzt, umschüttet man die Flasche bis an den Hals mit Sande, und stellt den Tiegel dann in's Feuer. Man erhitzt alles stufenweise bis zum Glühen der Flasche. Es bildet sich dann Schwefel, welcher in Dämpfen emporsteigt und an der Mündung der Flasche mit einer blauen Flamme brennt. Wenn man diese Flamme nicht weiter bemerkt, so ist der Pyrophor fertig. Man verstopft die Flasche erst mit einem gut passenden Thonstöpsel, nimmt den Tiegel aus dem Feuer, und wenn die Flasche mehr erkaltet ist,

verschließt man sie mit einem Korkstöpsel ganz fest.

Das Löschen des gebrannten Kalks ist ebenfalls hierher zu rechnen. Wenn man nämlich kaltes Wasser auf gebrannten Kalk gießt, so entsteht eine so starke Erhitzung, daß die ganze flüssige Masse in heftiges Kochen geräth. Man hat sehr oft Gelegenheit diese Erscheinung da zu sehen, wo man der Bereitung des Mörtels wegen Kalk in Gruben löscht.

Auch in thierischen Körpern entsteht Wärme durch allerley chemische Verbindungen, z. B. durch den Proceß der Verdauung. Oft sind sogar Menschen von selbst zu Asche gebrannt. Gemeiniglich schrieb man diese schrecklichen Ereignisse einem innern phosphorischen Feuer zu. Wahrscheinlich spielte aber auch die Elektricität eine wichtige Rolle dabey. Manche solche Selbstverbrennungen mochten aber auch wohl durch äußere Umstände, z. B. durch Lichter, welche die Kleider ergriffen, veranlaßt worden seyn.

Daß das Sonnenlicht Körper erwärmt, sehen wir alle Tage. Je dichter das Sonnenlicht die Körper trift, desto stärker wird die Wärme. Das sehen wir z. B. an Hohlspiegeln (Brennspiegeln) und an erhabenen Glaslinsen (Brenngläsern), wo man eine Menge Lichtstrahlen in einen engen Raum (den Brennpunkt) zusammenbringt. Auf welche Art dieses geschieht, kann ich erst bey der Lehre vom Lichte erläutern. Wenn wir uns vorstellen, die Erwärmung durch Sonnenstrahlen geschehe durch Erschütterungen oder Stöße, so müssen die Stöße natürlich um desto wirksamer seyn, je dichter die Sonnenstrahlen auffallen. Denken wir uns ferner die Sonnenstrahlen als lauter geradlinichte Reihen eines Lichtstoffs, so ist aus der Lehre vom Stoß (Th. I. S. 215.) auch klar, daß sie einen Körper desto kräftiger treffen, folglich desto stärker erwärmen, je mehr sich ihre Richtung gegen den Körper einer senkrechten Rich-

tung nähert. Ist die Richtung wirklich senkrecht, so ist auch der Effekt der Sonnenstrahlen am stärksten.

Hieraus erklärt es sich leicht, warum die Sonnenstrahlen im Sommer mehr erwärmen, als im Winter, obgleich uns im Winter die Sonne näher ist als im Sommer; warum im Winter Körper so heiß werden, deren schräge Flächen gegen die Sonne gerichtet sind (weil die Sonnenstrahlen diese Flächen dann senkrecht treffen), warum eben deswegen der Schnee so leicht von denjenigen Dächern schmelzt, welche nach der Mittagsseite zu liegen, während er auf dem freyen flachen Boden den Sonnenstrahlen sehr lange widersteht; u. d. gl.

Körper werden durch Mittheilung erwärmt, wenn Wärmestoff von andern erhitzten Körpern zu ihnen überströmt. So erhalten ja im Winter unsere Zimmer ihre Wärme durch Mittheilung. So erhalten ja alle Körper, welche man in Gefäßen kocht, ihre Wärme durch Mittheilung, u. s. w.

Dreissigstes Kapitel.

Von der Ausdehnung der Körper durch Wärme.

Alle Körper werden durch Wärme ausgedehnt oder wachsen an Volumen; in der Kälte ziehen sie sich zusammen oder nehmen ab an Volumen.

Herr Waltersdorf holte die Luftthermometer Fig. 6. und 7. Taf. IV. wieder herbey. Er hielt die warme Hand an die obere Kugel. Schon dadurch dehnte sich die eingesperrte Luft so sehr aus, daß die Flüssigkeit in der Röhre ziemlich weit niedergetrieben wurde. Nun hielt er die Kugel auch an ein Paar glühende Kohlen, und die Flüssigkeit fiel in der Röhre noch tiefer herab. Die Luft wird also ausge-

dehnt. Er machte hierauf seinen Schüler noch einmal auf alle diejenigen Versuche und Erklärungen aufmerksam, die schon vor mehreren Tagen über die Ausdehnung der Luft durch Wärme (im ein- und zwanzigsten Kapitel) vorgekommen waren.

Jetzt holte Herr Waltersdorf ein Quecksilber-Thermometer (wovon er seinen Schüler weiter hin die Einrichtung zu erklären und die Verfertigungsart zu lehren versprach). Er nahm die mit Quecksilber gefüllte Glaskugel in die warme Hand; sogleich verlängerte sich die dünne Quecksilbersäule in der Röhre. Dies geschah noch mehr, als er die Kugel in heißes Wasser tauchte. Kurz darauf hielt er die Kugel auch in kaltes Wasser. Schnell zoll sich die Quecksilbersäule in der Röhre wieder zusammen. Also auch Quecksilber wird durch Wärme ausgedehnt, und zwar, wie alle Körper, desto mehr, je stärker der Grad der Wärme ist. An Wasser, auf ähnliche Art in eine Röhre eingeschlossen, sah Ferdinand dasselbe.

Eine metallene Büchse hatte oben im Deckel ein kreisrundes Loch ohngefähr von 1 Zoll im Durchmesser. In dieses Loch paßte eine eiserne Kugel mit einigem Spielraum so hinein, daß sie jedesmal ohne Hinderniß durch das Loch in die Büchse fiel, wenn man sie darauf legte. Dieselbe Kugel machte Herr Waltersdorf heiß, und mit einer Zange legte er sie dann wieder in das Loch. Sie fiel aber nun nicht mehr hindurch, sondern blieb über dem Loche liegen. Herr Waltersdorf konnte sie nicht einmal hindurchbringen, als er mit der Zange fest auf die Kugel schlug. Natürlich mußte die Kugel größer geworden seyn. Folglich dehnt sich auch Eisen durch Wärme aus. Nach einiger Zeit hörte Ferdinand ein Geräusch in der neben ihm stehenden Büchse. Er sah hin, und erblickte die Kugel nicht mehr über dem Loche. Sie, die man vorhin mit Gewalt nicht durch das Loch zu bringen vermochte, war jetzt von selbst hindurchgefallen. Als sie nämlich erkaltet war, hatte

sie sich wieder in einen engern Raum zusammengezogen oder hatte an Volumen abgenommen.

Nicht blos Eisen, sagte Herr Waltersdorf, dehnt sich in der Wärme aus, sondern auch alle übrigen Metalle thun dies; und so noch viele andere Körper. Der eine Körper wird aber durch einerley Hitze mehr ausgedehnt als der andere, z. B. Luft mehr als Weingeist; dieser mehr als Wasser; dieses mehr als Quecksilber; die festen Körper überhaupt weniger als die flüssigen.

Einige verdienstvolle Männer, z. B. Bouguer, Lambert, le Roy, Smeaton, Herbert, de Lüc und Andere haben über das Ausdehnungsvermögen unterschiedlicher Körper in einerley Wärme mehrere interessante Experimente angestellt Sie erhitzten nämlich alle Körper, welche sie zu den Versuchen gebrauchten, von der Temperatur des gefrierenden Wassers bis zur Hitze des kochenden Wassers, und zwar bey einem Drucke der Atmosphäre von ohngefähr $27\frac{1}{2}$ Pa-

riser Zoll. Setzt man die Längen aller jener Körper 100,000, so waren um solcher Theile ausgedehnt worden:

Glas	um	83
Gold	-	94
Bley	-	286
Zinn	-	248
Messing	-	193
Kupfer	-	170
Stahl	-	122
Eisen	-	125
Silber	-	189
Quecksilber	-	1850
Wasser	-	4517
Weingeist	-	8700
Leinöhl	-	7200
Luft	-	40300

Jede Zahl in diesem Täfelchen ist also der Zähler eines Bruchs, dessen Nenner 100,000 ist. So hat

sich z. B. Messing von der Temperatur des gefrierenden bis zur Temperatur des kochenden Wassers um $\frac{193}{100000}$, Eisen um $\frac{125}{100000}$ seines Raums ausgedehnt; folglich wäre eine Messingstange von 100000 Linien um 193 Linien, eine Eisenstange von derselben Länge um 125 Linien länger geworden. Messing dehnt sich also in einerley Wärme mehr aus, als Eisen. Glas dehnt sich unter allen jenen Körpern am wenigsten aus. Es kann auch wegen der großen Spannung seiner Theilchen nur wenig Ausdehnung ertragen, besonders wenn die Wärme plötzlich darauf wirkt. Es springt dann sehr leicht.

Atmosphärische Luft, welche bey der Temperatur des gefrierenden Wassers den Raum von einem Kubikzolle annimmt, dehnt sich bis zur Weißglühhitze des Eisens auf vier Kubikzolle aus. Mehr oder weniger feuchte Luft giebt bey dem Versuche keine gar große Verschiedenheit. Nur der Apparat selbst, worin man die Versuche macht, muß möglichst trocken seyn.

Nach den Untersuchungen des berühmten französischen Chemikers Gay-Lüssac werden alle Luftarten und Dämpfe durch gleiche Grade von Wärme verhältnißmäßig gleich ausgedehnt.

Die Kenntniß von den verschiedenen Graden der Ausdehnungsfähigkeit der Körper ist hauptsächlich bey den Metallen sehr wichtig. Die Pendel oder Perpendikel der großen Uhren müssen den Gang dieser Zeitmesser reguliren oder ihn zur Gleichförmigkeit bringen. Nun aber wird das Pendel in der Wärme länger, in der Kälte kürzer, und dieses ist um so auffallender, je länger das Pendel an sich ist (wie in Wanduhren und noch mehr in Thurmuhren). Ein längeres Pendel macht weniger Schwingungen in einerley Zeit; ein kürzeres Pendel macht deren mehr. Die Uhr wird also langsamer gehen, wenn sich das Pendel durch Wärme (z. B. in heißen Sommertagen) verlängert; sie wird geschwinder gehen, wenn sich das Pendel in der Kälte (z. B. des Winters) verkürzt. Bey Uhren

zu unserm gewöhnlichen Gebrauch erzeugte jene Veränderung keine so wesentliche Fehler, daß etwa Unordnungen in unsern Geschäften dadurch entstehen konnten; bey Uhren zu astronomischem Gebrauch aber waren jene Fehler sehr merklich, weil hier selbst Veränderungen von wenigen Sekunden nicht statt finden durften.

Man suchte daher durch sinnreiche mechanische Vorkehrungen solchen Fehlern zuvorzukommen. Der Engländer Graham machte zuerst ein solches Pendel, welches sich durch Wärme und Kälte nicht verändern sollte. Er verfertigte es aus Eben- Fichten-Tannen- oder Nußbaumholz, weil Holz nach der Länge der Fasern durch Wärme nicht merklich ausgedehnt und durch Kälte nicht merklich zusammengezogen wird. Aber nun fand er leider, daß die in die Poren des Holzes eindringende Feuchtigkeit wieder andere Unrichtigkeiten hervorbrachte. In der Folge suchten zwar einige Männer diese Unrichtigkeiten dadurch zu verhüten, daß sie

die hölzerne Pendelstange mit einem Firniß bestrichen, oder daß sie dieselbe (aus Föhrenholz) im Ofen trockneten, in Leinöhl sotten und zuletzt noch überfirnißten; indessen ist folgende Erfindung des Graham noch viel lieber aufgenommen und bey den astronomischen Uhren am meisten angewandt worden.

Graham verband mehrere Stangen von verschiedenen Metallen, z. B. von Messing und von Eisen, so mit einander, daß, während die eisernen Stangen, durch Wärme hinunterwärts verlängert, den Mittelpunkt des Schwunges tiefer herabsenkten, die messingenen (nach ihrer Ausdehnungsfähigkeit von verhältnißmäßiger Länge) diesen Punkt durch ihre hinaufwärts gehende Verlängerung wieder um eben so viel emporbrachten. Dadurch mußte der Mittelpunkt des Schwunges immer auf einerley Stelle, folglich das Pendel selbst von einerley Länge erhalten werden. Damit die eisernen Stäbe, welche die Pendellinse (das Gewicht des Pendels) trugen, sich hinunterwärts

verlängerten, so mußten sie ihre Befestigung oben haben; die messingenen Stäbe aber mußten unten an einem Querstabe festsitzen, damit ihre Verlängerung hinaufwärts geschah. Beyde Arten von Stäben hoben also gegenseitig die durch Wärme und Kälte erzeugten Wirkungen auf, und deswegen nannte man ein solches zusammengesetztes Pendel ein Compensationspendel, oder auch seiner Gestalt wegen ein Rostpendel. Es ist in der Folge von andern geschickten Männern noch sehr vervollkommnet worden.

Graham machte auch ein Compensationspendel, welches folgende Einrichtung hatte. Eine eiserne Röhre, das Pendel vorstellend, wurde bis auf eine gewisse Höhe mit Quecksilber gefüllt. Wenn nun diese Röhre in der Wärme sich verlängerte und folglich der Mittelpunkt des Schwunges tiefer herabkam, so verlängerte sich auch die Quecksilbersäule, aber gegen 15mal mehr und nach oben zu. Durch dieses Aufsteigen des Quecksilbers wurde der Mittelpunkt des Schwunges wieder

höher hinaufgebracht. Dies mußte aber eben so viel betragen, als vorher der Mittelpunkt des Schwunges sich gesenkt hatte, damit dieser Punkt immer auf einer und derselben Stelle blieb. Es war indessen schwer, die Quantität Quecksilber genau darnach abzutheilen.

Sehr einfach und bemerkenswerth ist noch das Pendel des Schweden Faggot. Eine Stange von derselben Masse als das gewöhnliche Pendel (von Eisen) nimmt oben mittelst eines gabelförmigen Einschnitts an einem auf ihr senkrecht festsitzenden Arme das Pendel auf. Mit einer tüchtigen Schraube ist sie der Pendellinse gegenüber, aber etwas unterhalb derselben, in einem an dem Uhrkasten befindlichen Klotz fest geschraubt. Ein Krampen, der mit etwas Spielraum oben um sie herumgeht, hält sie vertikal an dem Uhrkasten an. Wenn nun das oben aufgehängte Pendel durch die Wärme verlängert wird, so verlängert sich die andere Stange um eben so viel und hebt dadurch das Pendel wieder so weit in die Höhe, als

durch jene Verlängerung der Mittelpunkt des Schwunges heruntergebracht worden war.

Der Regulatur der Taschenuhren ist die Spiralfeder. Man erblickt sie, wenn man die Uhr öffnet, unter dem durchbrochenen und gravirten Kloben an der hin und her schwingenden Unruhe. Sie ist fast so dünn wie ein Haar, und weil sie mit dem innern Ende an die Mitte der Unruhe, mit dem andern an die Platte der Uhr befestigt ist, so muß sie sich beym Schwingen der Unruhe abwechselnd auseinander breiten und wieder zusammenziehen. Wegen ihrer Elasticität bewirkt sie dann, daß die Unruhe stets gleich große Schwingungen macht, wenn auch einmal Ungleichheiten des Räderwerks sie von dieser Gleichheit abbringen wollten. Nun wird aber auch die Spiralfeder durch Wärme verlängert, durch Kälte verkürzt. In jenem Falle würde mithin die Uhr zu langsam, in diesem zu geschwind gehen. Durch eigne Compensationsbleche oder Compensationsstäbe hatman sich

auch hier zu helfen gesucht, wenn man eine Taschenuhr von möglichster Genauigkeit (etwa zum geographischen Gebrauch) verfertigen wollte. Man schraubte ein Metallstäbchen mit dem einen Ende an die Uhrplatte, und krümmte es dann dem äußern Gange der Spiralfeder so entgegen, daß dieser in dem andern Ende des Stabes zwischen zwey Stiftchen liegen konnte, und da gleichsam einen Ruhepunkt hatte. Von diesem Ruhepunkte an wurde die Länge der Spiralfeder bis an ihr inneres an der Unruhe befestigtes Ende gerechnet. Wenn nun die Spiralfeder durch Wärme länger wurde, so verlängerte sich eben dadurch auch der Stab und zwar jener Verlängerung der Spiralfeder entgegen. Auf diese Art schob sich dann die Spiralfeder zwischen den Stiften des Stabes um eben so viel rechts fort, als sie links durch die Wärme verlängert worden war.

Auf akkurate Maaßstäbe (welche z. B. Füße, Zolle, Linien ꝛc.) enthalten, kommt oft sehr viel an.

Sind nun diese Maaßstäbe auf Metall verzeichnet, so erleiden natürlich alle Theile darauf durch Wärme und Kälte eine Veränderung. In größerer Wärme wird der Maaßstab länger, folglich werden dann auch die Füße, Zolle und Linien größer; in der Kälte wird dieses alles kürzer. Je länger der Maaßstab ist, desto auffallender ist jene mit ihm vorgehende Veränderung. Lange Maaßstäbe, worauf sogar eine Ruthe (12 oder 16 Fuß) befindlich, können sich daher bey sehr auffallender Verschiedenheit der Temperatur wohl um ein Paar Linien verändern. Sie würden dieses nicht thun, wenn man sie von gutem trocknen Holze machte, dann mit siedendem Leinöhl begösse und mit einem Firniß bestriche. Da aber Holz der Vergänglichkeit weit eher unterworfen ist, als Metall, und da sich die Theilstriche auf Holz nicht so fein machen lassen, als auf Messing oder Eisen, so sollte man einen so großen Maaßstab an einer ebenen Wand herauslegen, ihn mit dem einen Ende fest an die Wand

schrauben und neben das andere freye Ende ein massives Stück Glas mit einem Zolle, seinen Linien und den Zehntheilen von Linien anbringen. Man würde daran die Verlängerung und Verkürzung des Stabes leicht wahrnehmen können.

Spannt man des Winters einen geraden Eisenstab zwischen zwey senkrechte in der Erde befestigte Pfeiler, so wird der Stab im Sommer (wegen seiner Verlängerung) sich entweder krümmen, oder, wenn er dieses nicht kann, die Pfeiler zurückbiegen. Spannt man denselben Stab des Sommers zwischen die Pfeiler, so wird er diese (wegen seiner Verkürzung) zu sich hin reißen, oder, wenn sie zu fest stehen, so wird er vielleicht etwas aus ihnen herausreißen. Dies alles würde vielleicht nicht geschehen, wenn man ihn bey einer mittlern Temperatur (im Frühjahr oder im Herbst) zwischen die Pfeiler spannte.

Wenn man dem Wärmestoffe eine große Elasticität beylegt, so ist der Grund des Ausdehnens durch

Wärme leicht einzusehen. Wird nämlich die Elasticität oder ausdehnende Kraft des Wärmestoffs vermehrt, so werden dadurch die Theilchen der Körper mehr von einander entfernt, folglich die Körper selbst größer. Dasselbe kann aber auch von einer größern Summe des Wärmestoff oder von dichter zusammengepreßtem Wärmestoff herrühren. Auch dadurch können die Theilchen der Körper gezwungen werden, weiter von einander hinwegzugehen. Das giebt denn natürlich wieder zur Vergrößerung des Volumens Anlaß. Verliert der Wärmestoff seine vorige Elasticität, oder vermindert sich die Menge des Wärmestoffs, so rücken die Theilchen wieder näher zusammen, und das Volumen des Körpers nimmt wieder ab.

Einige Körper ziehen sich in der Wärme zusammen, welches dem bisher vorgetragenen Gesetz der Ausdehnung zu widersprechen scheint. Diese Erscheinung rührt aber von Nebenumständen, hauptsächlich vom Verlust einer zwischen den Körpertheilchen

befindlichen Flüssigkeit her, wodurch die Theilchen nä- her zusammenrücken können. Wenn man z. B. Thon mit Wasser befeuchtet, knetet, dann windtrocken macht und glüht, so schwindet er sehr beträchtlich, d. h. sein Volumen nimmt bedeutend ab. Der Thon an und für sich wird aber eben so gut wie jeder andere Stoff durch Wärme ausgedehnt; nur das in seinen Poren be- findliche Wasser verdampft in der Hitze und geht hin- weg. Auch die darin enthaltene Luft wird durch die Hitze ausgedehnt und so größtentheils herausgetrieben. Die Thontheilchen kommen dann in nähere Berührung mit einander; folglich wird das Volumen der Thon- masse kleiner, als vorher das Gemenge von Thon, Wasser und Luft zusammen betragen hatte. Mit an- dern Körpern, z. B. mit Mehlteig, hat es ganz dieselbe Bewandniß.

Auch nasses Holz schwindet in der Wärme und zwar aus demselben Grunde, warum nasser Thon schwindet. Eisen, Schwefel, Spießglanz nnd Wis-

muth nehmen beym Schmelzen einen kleinern Raum ein, als vorher im festen Zustande. Das gefrierende Wasser, so wie jede andere gefrierende Flüssigkeit dehnt sich aus, und nimmt dann einen größern Raum ein, als vorher im tropfbaren Zustande. Auch hier ist die Ausdehnung nicht von obigen Gesetzen abhängig. Das größere Volumen des Eises rührt theils von den vielen Luftblasen her, welche die Wassertheilchen von einander entfernt halten, theils von einer andern Lage der Theilchen, die durch den entwichenen Wärmestoff oder die veränderte Elasticität desselben veranlaßt worden war.

Ist die gefrierende Flüssigkeit in ein Gefäß oder in irgend ein Behältniß eingeschlossen, so wird dieses von dem entstehenden Eise oft mit einer ungeheuren Gewalt zersprengt. Das sieht man nicht blos an gläsernen und irdenen Flaschen, worin Wasser gefriert, sondern auch an steinernen Cisternen mit dicken Wänden. Das gefrierende Wasser dehnt sich aus. Fehlt

es ihm nun an Raum dazu, so müssen wohl die ihm umgebenden Wände weichen und daher zersprengt werden. So bekommen Bäume und Felsen bey strenger Winterszeit oft Risse, zu deren Hervorbringung sonst viele tausend Pfund Kraft erforderlich gewesen wären.

Der Holländer Huyghens ließ Wasser in starken eisernen Röhren gefrieren, deren Mündung er genau verstopft hatte. So wie das Wasser gefror, flogen auch die Röhren auseinander. Der Engländer Williams ließ Wasser in dicken Bomben gefrieren. Auch diese wurden zersprengt, als das Wasser sich in Eis verwandelte. Bey einem seiner Versuche wurde der Stöpsel der Bombe 415 Fuß weit hinweggetrieben.

Natürlich gefriert jede Flüssigkeit in einem verschlossenen Gefäße nicht so leicht, als in einem offenen, weil dort die Wärme länger zurückgehalten wird. Mit einer Lage Oehl kann Wasser eine Kälte von 11 bis 12 Grad nach dem Reaumürschen Thermometer ver-

tragen, da es doch sonst schon bey 0 Grad zu gefrieren anfängt. Durch Schütteln entweicht ein Theil Wärme, und das Gefrieren geht dann schneller von statten. — Die eigentlichen Betrachtungen über das Gefrieren selbst können erst weiter unten folgen.

Ein und dreissigstes Kapitel.

Von der Zurückwerfung der Wärme.

Wenn wir annehmen, daß der Wärmestoff eine elastische Materie ist, so muß er auch von harten Körpern, die er bey seiner Fortbewegung trift, nach denselben Gesetzen, wie jeder andere elastische Stoff, z. B. wie die schwingenden Lufttheilchen (Th. I. S. 242 f.) zurückgeworfen werden. Der Zurückprallwinkel muß immer dem Einfallswinkel gleich seyn. Daß dies geschieht, hat auch wirklich

die Erfahrung bestätigt. Man kann z. B. Körper, auf welche der Wärmestoff fällt, so bilden, daß der Wärmestoff nach geschehener Zurückwerfung an gewissen Stellen verdichtet, folglich seine erwärmende Kraft daselbst verstärkt wird. Bey der Bildung solcher Körper konnte man auf ähnliche Art verfahren, wie bey der Bildung von allerley Behältnissen zur Verdichtung der Schallstrahlen. In der That hat man diese Methode auch auf den Bau von Kaminen, von Oefen (hauptsächlich von Schmelzöfen auf Hüttenwerken) ꝛc. angewandt.

Herr Waltersdorf stellte zwey ziemlich große blanke Hohlspiegel (Brennspiegel, wie wir sie bey der Lehre vom Licht werden kennen lernen) in einer Entfernung von ohngefähr 16 Fuß so gegen einander, daß sie einander ihre hohle blanke Fläche zukehrten. Er richtete sie so, daß ihre Mittelpunkte einerley Höhe vom Boden hatten. Die blanke Fläche der Spiegel machte kaum den sechsten Theil einer Kugel aus, de-

ren Durchmesser 2 Fuß betrug. Vor jedem Spiegel befand sich in einer Entfernung von $\frac{1}{2}$ Fuß ein perpendikulärer in einer Hülse verschiebbarer Draht. Dieser hatte bey dem einen Spiegel an seinem obern Ende, welches Herr Waltersdorf dem Mittelpunkt des Spiegels genau gegenüber (oder in den Brennpunkt des Spiegel) richtete, eine Spalte, in die Herr Waltersdorf ein Stück Zunder steckte. Der Draht des andern Spiegels aber hatte an seinem obern Ende, ebenfalls genau der Mitte des Spiegels gegenüber (oder im Brennpunkte des Spiegels) eine horizontale eiserne Scheibe von etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, von welcher vier Drahtstücke schräg in die Höhe gingen. Zwischen diese Drahtstücke legte Herr Waltersdorf eine große glühende Kohle. Die Mitte des Spiegels, vor welchem die glühende Kohle lag, hatte ein kleines Loch, um von hinten die Röhre eines Blasebalgs hineinstecken zu können, den Herr Waltersdorf in Bewegung setzte. Als die Kohle

recht in Gluth kam, entzündete sich der 15 Fuß weit von der Kohle entfernte Zunder augenblicklich, und brannte sehr schnell hinweg.

Daß Ferdinand sich über dieses Experiment hoch verwunderte, kann man leicht denken. — Ordentlich erklären werde ich dir die Wirkung der Brennspiegel erst bey der Lehre vom Lichte, sagte Herr Waltersdorf. Nur so viel merke dir, daß der von der Kohle ausströmende Wärmestoff, welcher auf den nächsten Spiegel fällt, nach geschehener Zurückwerfung parallel auf den gegenüber stehenden Hohlspiegel losgeht, und von diesem so reflektirt wird, daß er sich in der Gegend des Zunders verdichtet und diesen anzündet. Das würde sogar in noch größerer Entfernung geschehen.

Wenn der Wärmestoff unter einem schiefen Winkel auf eine Fläche trift, so wird er auch unter einem eben so schiefen Winkel nach der andern Seite zurückgeworfen. Strömt er in schiefer Richtung durch

die Poren eines Körpers, z. B. eines Ofens, eines Siedegefäßes rc., so gleitet manches von ihm an dem Körper ab, oder trift die Theile innerhalb des Körpers mit geringerer Kraft, als wenn er senkrecht gegen die Fläche des Körpers losginge. Das alles ist schon aus frühern Betrachtungen über den Stoß der Körper begreiflich.

Bey Siedegefäßen muß also wegen des Abgleitens der Wärme und wegen der mit dem schiefen Stoße verbundenen Kraftschwächung die Hauptkraft einer Flamme gegen den Boden gerichtet seyn. Aus demselben Grunde taugen runde Böden nichts; und ein jedes Siedegefäß darf man für vollkommener halten, wenn sein Boden möglichst groß und gerade ist. — Es lassen sich also aus diesen Betrachtungen allerley Regeln ableiten, die man mit Nutzen auf Siedekessel, Siedepfannen, Sparöfen, Sparheerde u. d. gl. anwenden kann.

Zwey und dreyssigstes Kapitel.

Wieder einige belustigende und unterhaltende Kunststücke.

Ein Paar Tage lang unterbrach Herr Waltersdorf seinen Unterricht wieder durch Fortsetzung der physikalischen Kunststücke, womit er vor ein Paar Wochen den Anfang gemacht hatte. Die interessantesten Kunststücke, sagte er, können freylich erst in der Folge vorkommen, weil sie sich auf Lehren der Wärme, des Lichts, der Elektricität und des Magnetismus gründen. Aber auch die jetzigen, meynte er, würden unterhalten, belustigen und belehren, obgleich die mei=

sten davon eigentliche Taschenspielerstücke sind, die im engern Sinne nicht einmal Bezug auf die vorgetragenen Lehren haben.

XVII.

„Eine hölzerne Kugel wurde mitten auf einen Tisch gelegt, der vollkommen horizontal stand. Die Kugel fing augenblicklich an, von selbst umherzulaufen; sie lief, als wenn sie belebt wäre, bald nach dieser, bald nach jener Seite hin."

Ferdinand glaubte, es wäre ein lebendiges Geschöpf darin versteckt, welches der Kugel jene Bewegung mittheilte. Da aber die Kugel nicht groß war, an keiner Stelle Luftlöcher hatte, und kein Umstand eine so auffallende Höhlung der Kugel verrieth, so konnte er sich die Erscheinung nicht erklären. Herr Waltersdorf mußte daher aushelfen. Die Kugel sagte er, ist an einigen Stellen in verschiedenen Richtungen angebohrt, in die Löcher ist etwas Quecksilber geschüttet und dann sind die Löcher oben mit hölzernen Pflök-

ken wieder geschlossen. Das Quecksilber verändert alle Augenblicke den Schwerpunkt der Kugel und so muß diese wohl stets in Bewegung bleiben.

XVIII.

„Ein kleines Häuschen mit einer verriegelten Thür stand auf einer künstlichen Erhöhung. In einiger Entfernung davon war ein kleiner Heerd angebracht, auf welchen man ein Feuer anmachen konnte. So wie dieses geschah und das Brennmaterial in heftige Flamme gerieth, sprangen die Flügel der verriegelten Thür plötzlich auf, und eine menschliche Figur wurde in dem Häuschen sichtbar.“

Dies Kunststück überraschte unsern Ferdinand sehr auffallend. Herr Waltersdorf erklärte es ihm auf folgende Art. Der kleine Heerd ist allenthalben möglichst dicht verkittet. Er formirt ein hohles Behältniß, das halb mit Wasser gefüllt ist. Der kurze Schenkel eines Hebers steht so tief in diesem Wasser, daß er beynahe voll davon ist. Der andere Schenkel desselben Hebers liegt in einem Kessel, der an einer

Schnur hängt, welche über ein Paar Rollen geht. An ihrem Ende trägt die Schnur ein Gewicht, welches sie straff erhält. Die Schnur ist aber auch so um die Wirbel der Thür geschlungen, daß, wenn sie nach der einen Gegend hin bewegt wird, die Wirbel den Riegel lösen und die Thür auffliegt. Brennt nun das Feuer auf dem Heerde, so wird die über dem Wasser befindliche Luft ausgedehnt; sie drückt auf das Wasser und treibt dasselbe so hoch in den Schenkel des Hebers hinauf, daß der Heber voll wird, zu fließen anfängt und das Wasser aus dem Heerde in den Kessel überzieht. Dieser bewegt sich nun vermöge seines Gewichts herunterwärts, reißt die Schnur mit sich über die Rollen, dreht die Thürwirbel und öffnet gewaltsam den Riegel.

XIX.

„Ein kleiner Bacchus saß auf einem 7 bis 8 Zoll langen Fasse, das auf den Tisch gestellt wurde. Herr Waltersdorf fragte, ob er aus dem Fasse durch einen und denselben

Hahn weißen oder rothen Wein abzapfen sollte. Ferdinand antwortete: rothen! und richtig floß rother Wein aus dem Hahne. Hernach wurde nach Belieben bald rother, bald weißer Wein aus demselben Fasse durch denselben Hahn abgezapft.“

Der messingene Hahn hatte nämlich da, wo er in das Faß hineinreichte, zwei verschiedene Oeffnungen, wovon eine über der andern in einer Entfernung von 2 Linien ausgebohrt war. Diese Oeffnungen stießen an zwey Trichter, welche sich im Fasse befanden. Auch der Wirbel im Hahn hatte zwey Löcher, die genau auf die zwey hintern Oeffnungen des Hahns zutrafen. Diese Löcher waren aber so eingerichtet, daß, wenn das eine Loch vor der einen Oeffnung des Hahns stand und wenn man die Flüssigkeit aus dem dazu gehörigen Trichter herauslaufen ließ, das andere Loch nicht auf die andere Oeffnung des Hahns paßte. Wenn aber das zweyte Loch vor seine Oeffnung zu stehen kam, so befand sich das erste Loch nicht mehr vor seiner Oeff-

nung. Dadurch konnte man denn die eine oder die andere Flüssigkeit, welche in den beyden Trichtern enthalten war, (rothen oder weißen Wein) herauslaufen lassen, je nachdem man den Hahn rechts oder links umdrehte.

XX.

„Bey einem Taschenspieler mußte Jemand eine Karte aus dem Spiel ziehen. Das Spiel wurde sammt dieser Karte gemischt; und als der Mann das Spiel Karten auf eine kleine Ruthe fallen ließ, blieb jene gezogene Karte erst an der Ruthe hängen, flog bald darauf, während alle übrigen sich auf der Erde herum bewegten, durch die Luft und kam zuletzt wieder auf die Ruthe zurück.“

Der Taschenspieler hatte nämlich eine gezwungene Karte ziehen lassen und das Spiel Karten bey dem Mischen schnell mit einem andern Spiele vertauscht, worin eine mit der gezogenen völlig gleichartige Karte an einem Pferdehaare befestigt war. Vermöge dieses Haars konnte man sie nun leicht alle jene Bewegun-

gen machen lassen. Die auf den Boden gefallenen Karten aber setzte man durch einen verborgenen Blasebalg in Bewegung. Die Röhre dieses Blasebalgs kann unter dem fein durchlöcherten Teppich in der Gegend liegen, wo man die Karten herabfallen läßt.

XXI.

„Derselbe Taschenspieler setzte zwey kleine Figuren auf den Tisch. Er nahm dann ein brennendes Licht, und brachte es dem offenen Munde der einen Figur nahe. Augenblicklich erlöschte es mit einem Geräusch, als wenn es ausgeblasen worden wäre. Jetzt hielt er das erloschene Licht an den Mund der andern Figur; sogleich entzündete es sich wieder.“

Der ersten Figur war nämlich vorher Schießpulver in den Mund gelegt worden, welches sich bey Annäherung des Lichts entzündete. Dadurch wurde die Luft so plötzlich ausgedehnt, daß das Licht erlöschen mußte. In dem Munde der andern Figur befand sich ein Stückchen Phosphor, mittelst dessen der noch warme Docht wieder angezündet wurde.

XXII.

„Sehr wunderbar nahm sich folgender Versuch eines Taschenspielers aus. Ein Schreibzeug, bestehend aus Dintenfaß, Sandbüchse und mehreren kleinen Abtheilungen zu Federn, Oblaten, Siegellack rc. wurde auf den Tisch gesetzt. Eine Person aus der Gesellschaft wurde aufgefordert in das Dintenfaß zu tunken und etwas zum Vortheil der Person auf das Papier zu schreiben. Die Dinte war schwarz. Der Taschenspieler bat darauf, mit derselben Feder in dasselbe Dintenfaß einzutunken; aber die Feder nahm keine Dinte mehr an. Sie wurde weggeworfen, und ein halbes Dutzend andere Federn versagten ganz und gar denselben Dienst. Jetzt sollte dieselbe Person etwas zum Vortheil des Taschenspielers auf das Papier schreiben. Augenblicklich schrieb die Feder, und zwar mit rother Dinte. Abermals eingetaucht stellte sie auf Verlangen eine blaue, dann eine grüne, eine gelbe, und eine schwarze Schrift dar. Uebrigens konnte jeder von den Zuschauern denselben Versuch machen. Sollte die Feder gar nicht schreiben, so that sie es auch nicht.“

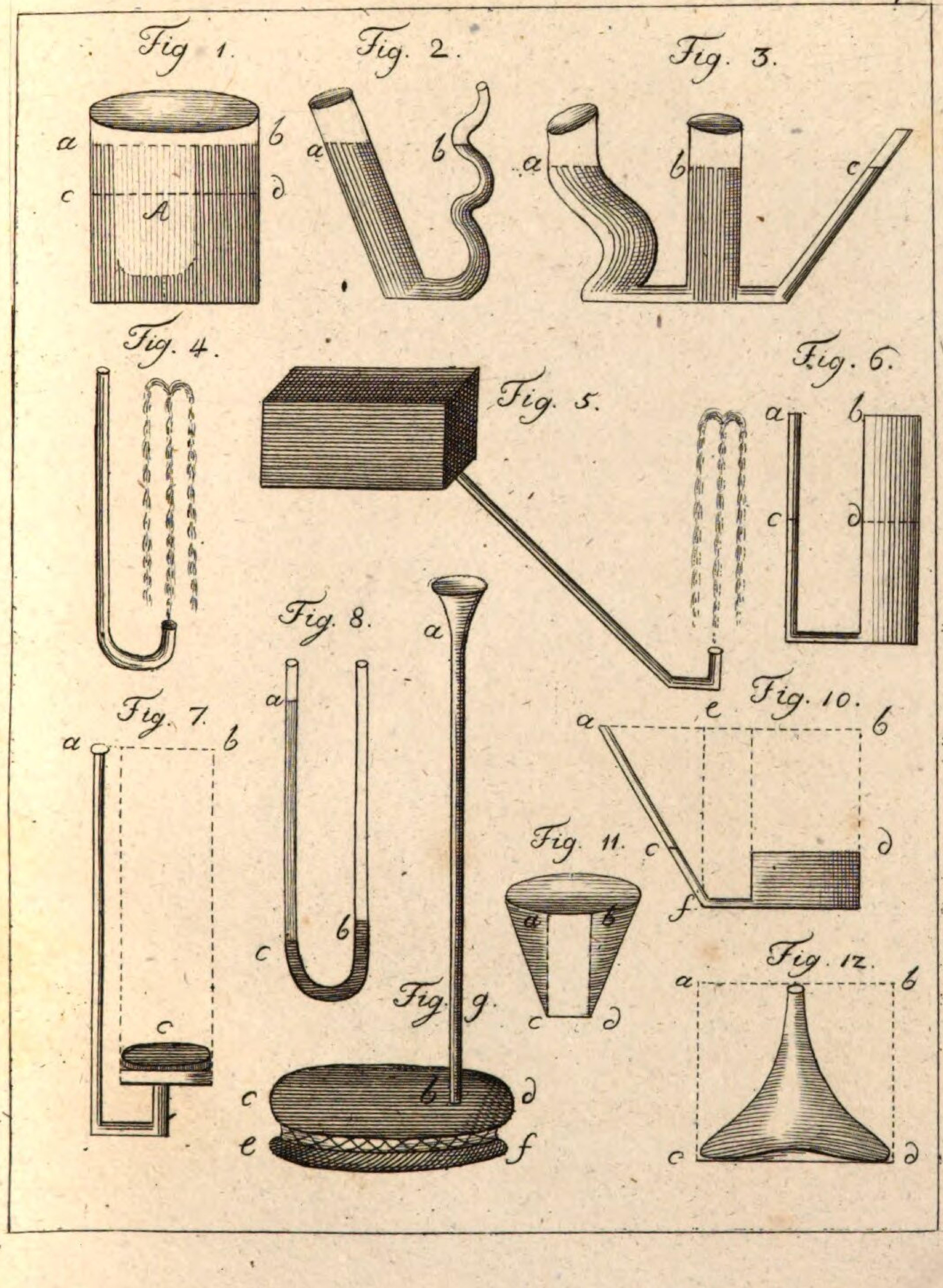


Fig 1.
a b c d A
Fig. 2.
a b
Fig. 3.
a b c
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
a b c d
Fig. 7.
a b c
Fig. 8.
a b c
Fig. 9.
a b c d e f
Fig. 10.
a e b c d f
Fig. 11.
a b c d
Fig. 12.
a b c d

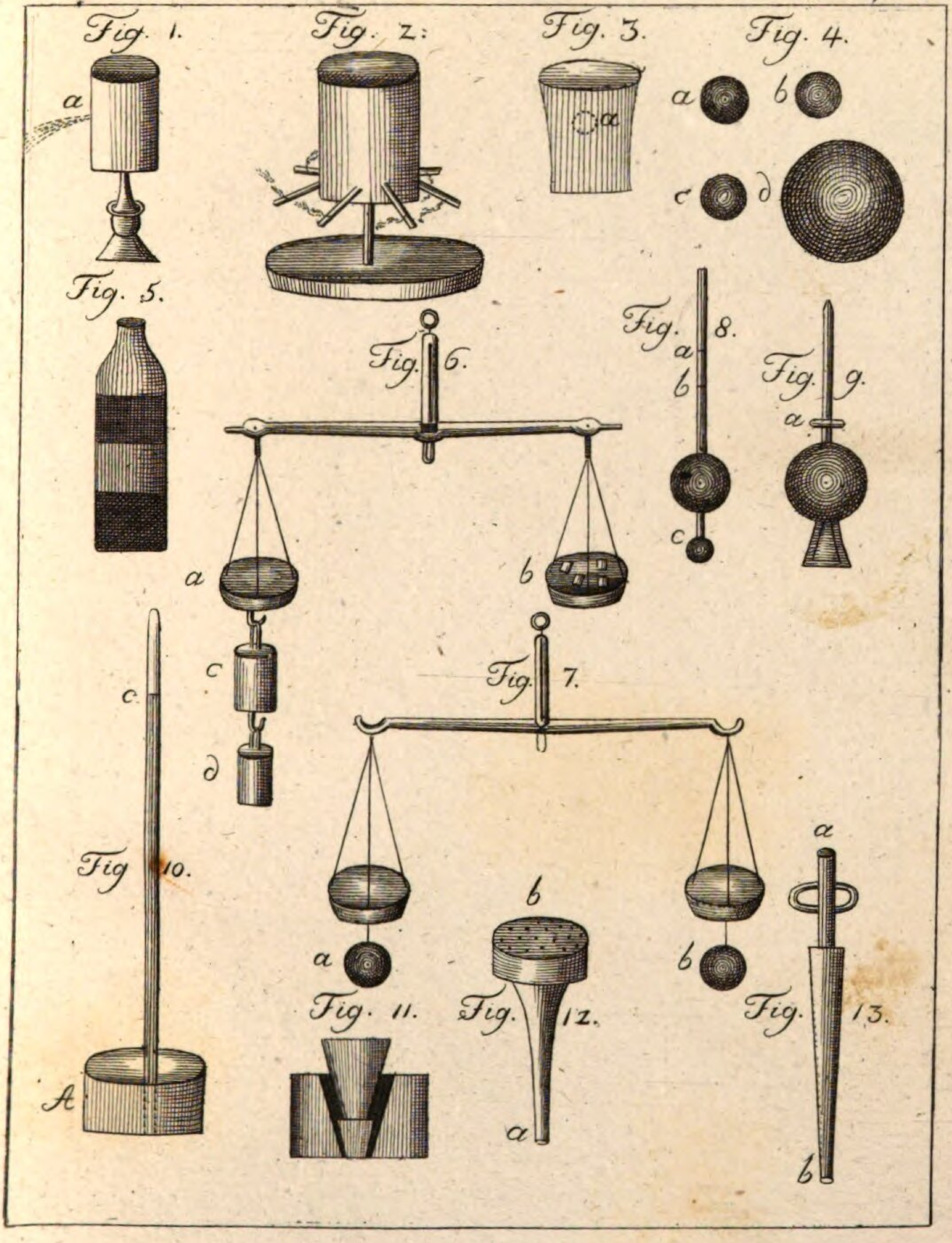
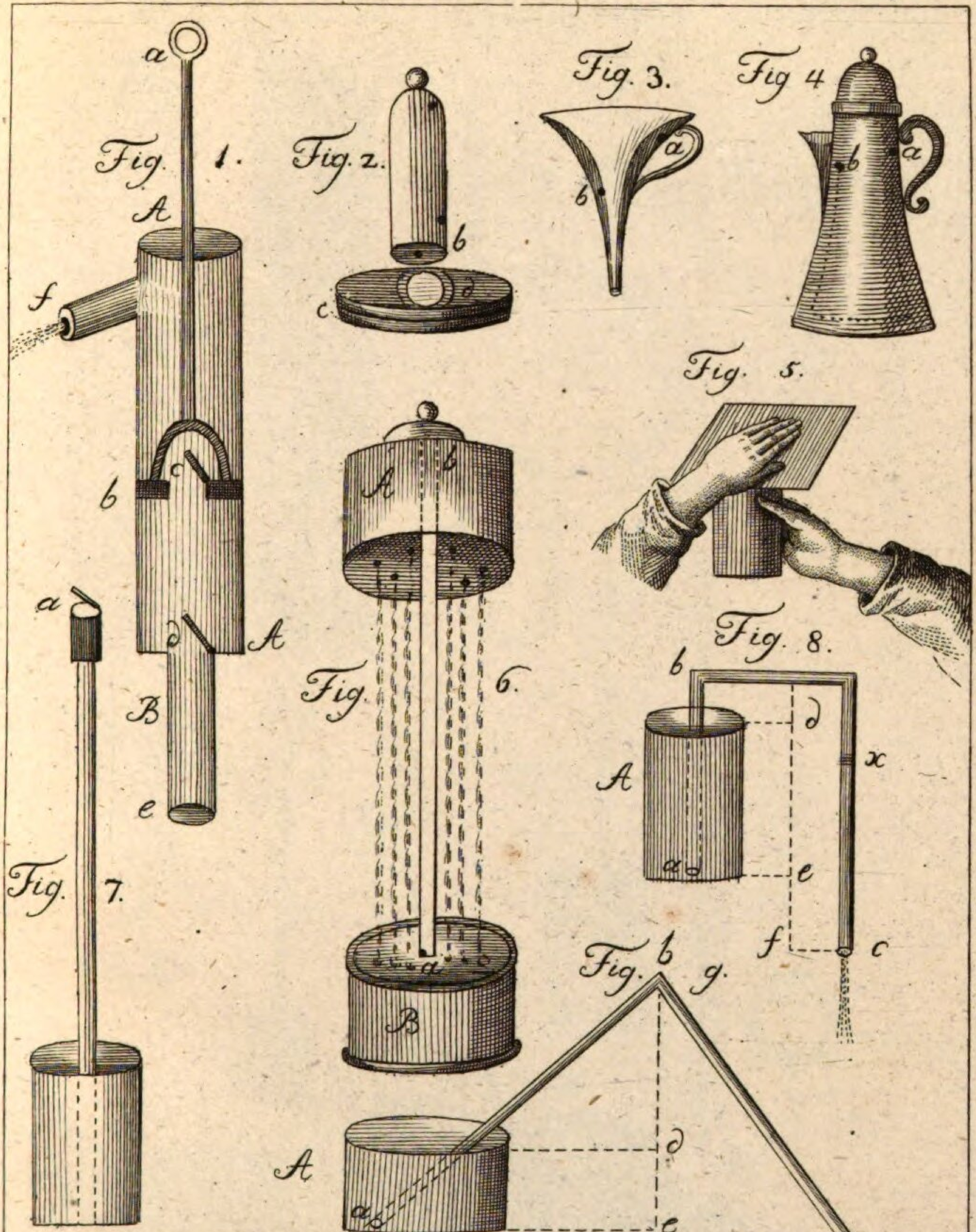


Fig. 1.
a
Fig. 2:
Fig. 3.
a
Fig. 4.
a
b
c
d
Fig. 5.
Fig. 6.
a
b
c
d
Fig. 8.
a
b
c
Fig. 9.
a
Fig. 7.
a
b
c
Fig 10.
A
Fig. 11.
b
Fig. 12.
a
a
Fig. 13.
b

Taf III



Taf. IV.

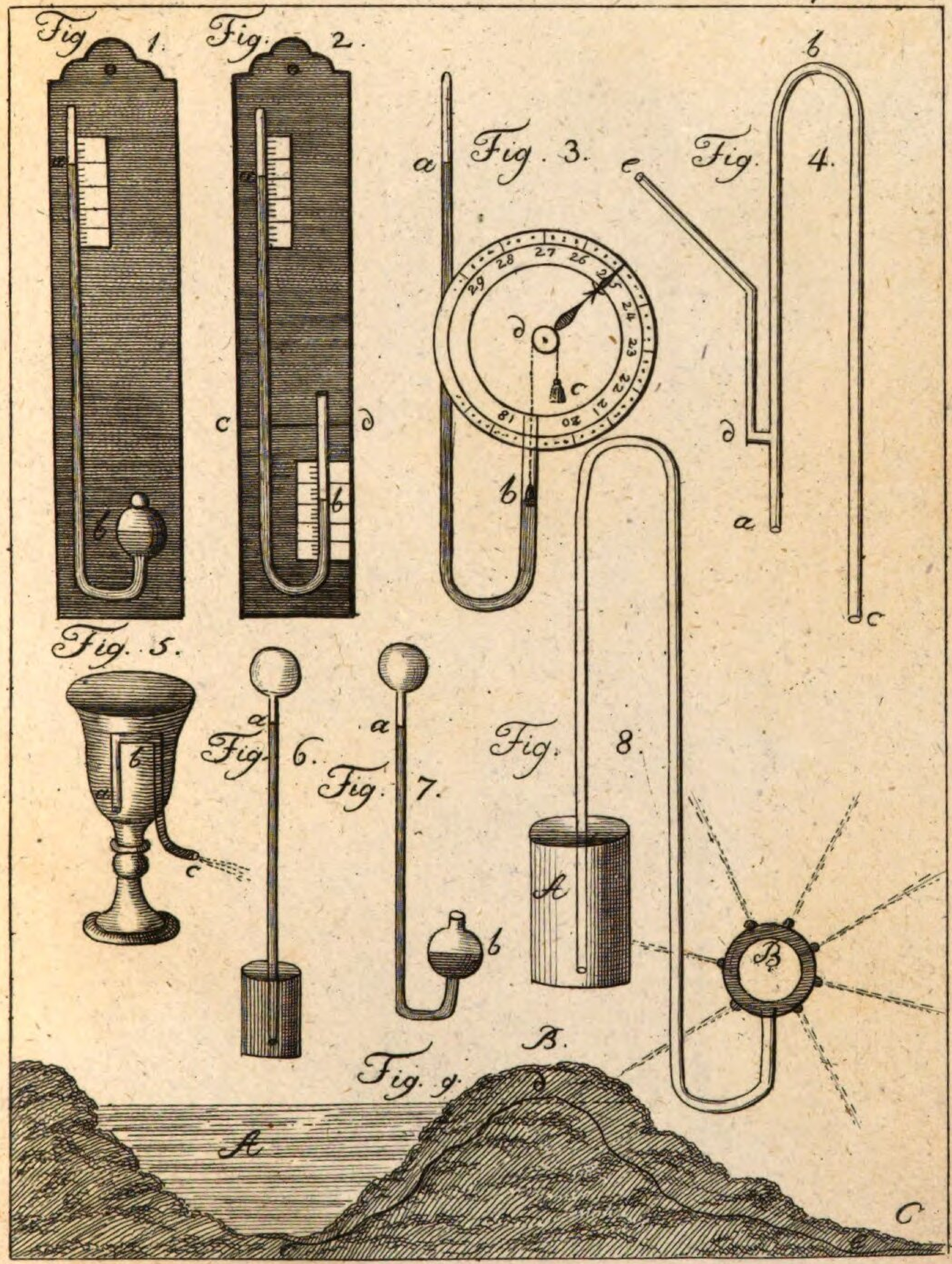
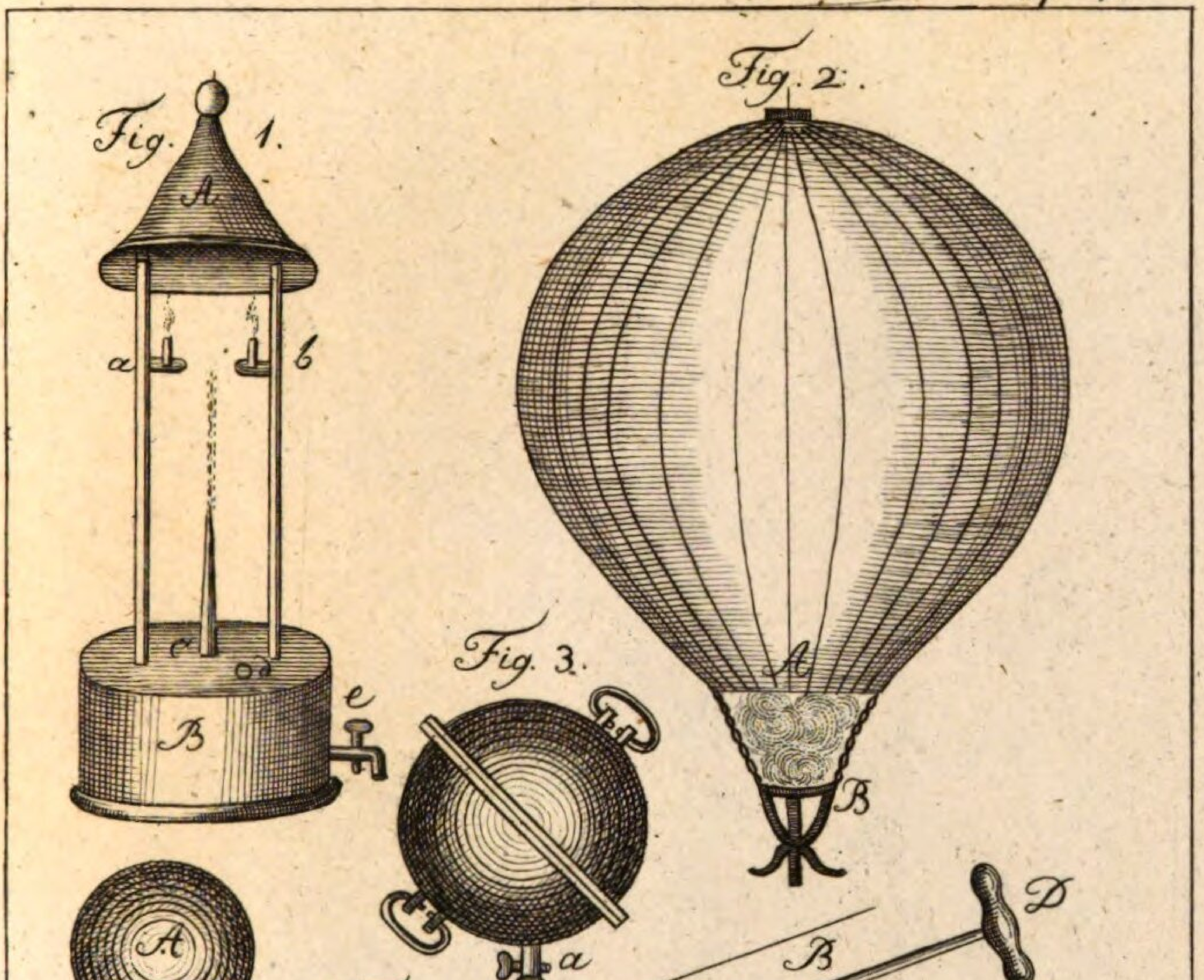


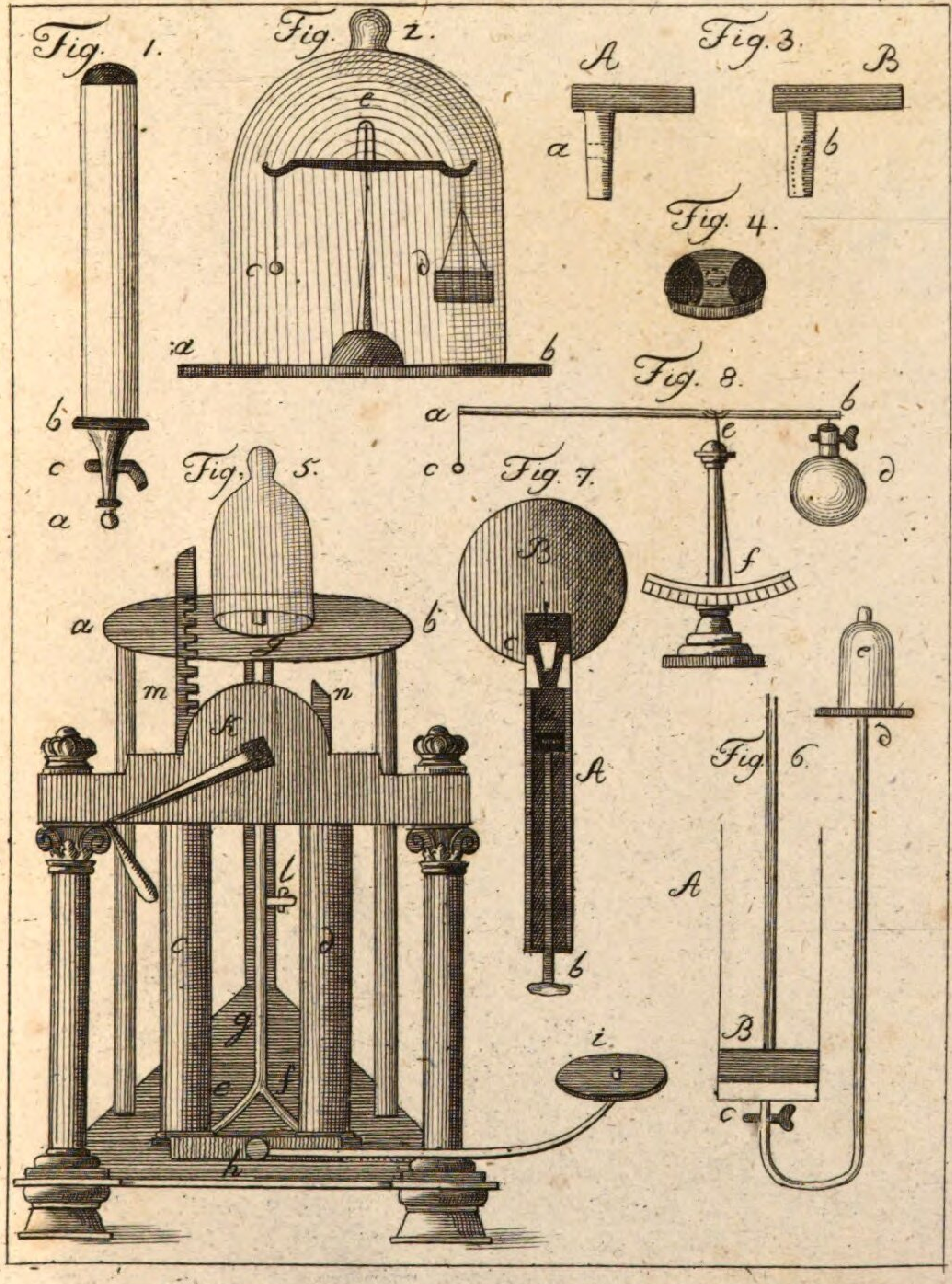
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
a
b
c
d
e
A
B
C
29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 18

Taf. V.



C Westermayr Sculp

Taf. VI.



XXXXXXXX (1-8) III. 89

Bayerische StaatsBibliothek

Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Poppe, Johann Heinrich Moritz <<von>>,

Der physikalische Jugendfreund oder faßliche und unterhaltende Darstellung der Naturlehre mit der genauesten Beschreibung aller anzustellenden Experimente, der dazu nöthigen Instrumente, und selbst mit Beyfügung vieler belustigenden physikalsichen Kunststücke
Bd.: 2 : Mit sechs Kupfertafeln

Frankfurt am Mayn 1813

Phys.g. 356 l-2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10137922-8